E, I, 5.
74

H. S. C. BIBLIOTHEK COBURG

Erster Abschnitt. Ueber Blitzableiter.

Kapitel I.

Allgemeine Grundgesetze.

§. 1. Nähere Bezeichnung der zu lösenden Aufgabe.

Die Blitzableiter haben, nach den bestehenden Ansichten, den Zweck, die elektrischen Einwirkungen einer Gewitterwolke auf Gebäude und sonstige für die Zwecke des Lebens und des Verkehrs dienenden Einrichtungen entweder ganz zu beseitigen, oder die durch Gewitterwolken herbeigeführten elektrischen Entladungen wenigstens wirkungslos zu machen.

Bei der Anlegung von Blitzableitern setzt man also schon die Gegenwart eines in elektrischem Zustande befindlichen Körpers voraus, dessen Entladung durch den Blitzableiter auf die unschädlichste Weise vorgenommen werden soll, und gerade dieser Umstand ist es, den wir bei Einrichtung eines Franklin'schen Apparates, wie wir den Blitzableiter zu Ehren des grossen amerikanischen Physikers nennen wollen, der schon im Jahre 1749 die von Nollet und Winkler, so wie von ihm selbst wenige Jahre vorher erkannte Identität des Blitzes mit der in unseren Laboratorien erzeugten Reibungselektricität auf die vortheilhafteste Weise in Anwendung zu bringen suchte [1], im Auge behalten müssen.

Die Fragen, mit denen wir uns vorläufig zu beschäftigen haben, werden also darin bestehen, **erstens** zu untersuchen, in welcher Weise ein elektrischer Körper auf andere Körper, die in seiner Umgebung oder in grösserer oder kleinerer Entfernung von ihm sich befinden, überhaupt einwirkt, auf welche Weise ein in elektrischem Zustande befindlicher Körper seiner Elektricität beraubt werden kann, und **zweitens**, welche Wirkungen der elektrische Entladungsstrom in qualitativer Beziehung hervorzubringen vermag, und welche von diesen Wirkungen für unsere vorliegenden Zwecke als schädlich erkannt werden müssen.

Bei diesen Untersuchungen werden wir die Lehre von der Elektricität, so wie alle auf ihrem Gebiete gemachten Forschungen als bekannt voraussetzen,

und nur jene Resultate aus ihren Disciplinen hervorheben, die unsere Betrachtungen als nothwendig erscheinen lassen.

Unsere Untersuchungen sollen dann ferner zeigen, in wie ferne es möglich ist, die Grenzen anzugeben, innerhalb welchen überhaupt die Sicherheit des Schutzes gegen Beschädigungen durch den Blitz stattfinden könne, und welche Vorsichtsmaassregeln man angewendet hat, um ohne die Benützung eines Blitzableiters den schädlichen Einwirkungen der Gewittererscheinungen zu entgehen.

Eine andere Frage in unsern Betrachtungen einzuflechten, die auf das Entstehen der Gewitterwolken überhaupt sich bezieht, müsste für die Einrichtung der Blitzableiter von grosser Wichtigkeit sein. Wenn uns nämlich die Umstände sämmtlich bekannt wären, welche zur Erzeugung der sogenannten Gewitterwolken beitragen, so dürfte es nicht unwichtig sein, zu untersuchen, ob es keine Mittel gäbe, welche jene Umstände abzuändern und so die Bildung der Gewitter zu beeinträchtigen vermögen. Ueber die Entstehung der Elektricität der Wolken sind aber unsere Kenntnisse noch so mangelhaft, dass es gewagt sein möchte, mit den hierüber bestehenden Ansichten derartige Forschungen anzustellen; es möchte aber, wenn es einmal gelungen sein wird, die in der Meteorologie gemachten Erfahrungen auf theoretische Principien zurückzuführen, nicht zu den Unmöglichkeiten einstens gehören, die vorliegenden Fragen in sichrerer Weise zu beantworten, als diess in dem gegenwärtigen Zustande unseres Wissens über die atmosphärischen Vorgänge möglich ist [2].

§. 2. Ueber die Erregung des elektrischen Zustandes im Allgemeinen.

Ein elektrischer Körper kann auf zweierlei Weise auf einen anderen in seiner Umgebung befindlichen Körper einwirken.

Wird ein Körper in unmittelbare Berührung mit dem elektrischen gebracht, so nimmt er von diesem den elektrischen Zustand an; dieser verbreitet sich sodann über die Oberfläche beider Körper, ohne dass sonst eine besondere Aenderung in dem Zustande derselben wahrzunehmen ist, als die, dass dieselben als elektroskopisch sich zeigen, wenn die Dichtigkeit der an ihren Oberflächen angehäuften Elektricität stark genug ist. Durch das Elektrischwerden, wenn ich dieses Ausdruckes mich bedienen soll, erleidet also die Beschaffenheit und Zusammensetzung der Körper, die diesen Zustand durch unmittelbare Mittheilung anzunehmen fähig sind, nicht die geringste Aenderung. Würde also ein System solcher Körper, welches die gehörige Oberfläche darbietet, in ununterbrochener Folge von einer Gewitterwolke aus bis zu den in oder an der Erdoberfläche befindlichen grossen Wassermassen sich erstrecken, so würde jede weitere Wirkung der Gewitterwolke für uns spurlos vorübergehen, ohne dass wir die Erscheinungen des Blitzes wahrnehmen würden, wenn wir die Voraussetzung machen dürfen, dass eine elektrische Wolke in ähnlicher Weise, wie ein künstlicher Ansammlungsapparat der Elektricität neutralisirt werden kann: eine Annahme, die allerdings nicht unter allen Umständen durch die Erfahrung bestätigt wird.

Steht aber ein elektrischer Körper mit anderen nicht in unmittelbarer Berührung, befindet er sich aber in solchen Entfernungen von diesen, dass eine Einwirkung auf dieselben noch möglich ist, so werden letztere durch Influenz

oder Vertheilung in den elektrischen Zustand versetzt. Hiebei nimmt jeder Körper, der von dem elektrischen afficirt wird, die beiden elektrischen Zustände an, und zwar so, dass die dem elektrisirenden Körper zugewendete Seite den mit diesem ungleichnamigen, die abgewendete Seite aber den gleichnamigen Zustand erhält. Dieser Vorgang ist es nun, welcher in den Körpern Wirkungen zur Folge haben kann, durch welche Aenderungen in ihrer materiellen Beschaffenheit selbst entstehen können. Die genaue Untersuchung der Erscheinungen, welche von jenem Vorgange herrühren, muss daher der Gegenstand unserer vorläufigen Besprechung sein.

§. 3. Elektrisches Leitungsvermögen der Körper.

Es ist vor allem nothwendig hervorzuheben, dass die Eigenschaft, den elektrischen Zustand anzunehmen, bei den verschiedenartigen Körpern in den verschiedensten Graden auftritt.

Wir kennen keinen Körper, der durch unmittelbare Berührung mit einem elektrischen nicht den Zustand des letzteren annimmt. Jedoch gibt es viele Körper, die diesen Zustand nur an der Berührungsstelle und hier nur (unter sonst gleichen Umständen) in geringem Grade annehmen, ihn aber auf ihrer Oberfläche entweder nur äusserst langsam oder gar nicht zu verbreiten vermögen; befinden sich solche Körper aber selbst im elektrischen Zustande, so geben sie durch unmittelbare Mittheilung ihre Elektricität nur an den Stellen ab, an welchen sie von anderen berührt werden, und können während einer kürzeren oder längeren Zeit den ihnen durch geeignete Mittel beigebrachten elektrischen Zustand behalten, wenn sie an ihrer Oberfläche keine Aenderungen erfahren, durch welche sie aus ihrer Reihe heraustreten, und eine andere, ihnen vorher nicht eigen gewesene einnehmen. Andere Körper hingegen gibt es, die gerade die entgegengesetzten Eigenschaften zeigen.

Diese hat man mit dem Namen Leiter, jene aber mit dem Namen Nichtleiter der Elektricität bezeichnet. Da aber zwischen beiden Arten von Körpern eine Menge Abstufungen es gibt, durch welche ein Körper im Vergleiche mit einem anderen näher den Leitern, als den Nichtleitern, und wieder andere die Eigenschaft besitzen, eine nähere Stelle an den Nichtleitern als an den Leitern einzunehmen, so hat man für die verschiedenartigen Körper Reihen aufgestellt, die angeben sollen, welche Körper in höherem oder geringerem Grade jene Eigenschaften besitzen.

Eine solche Reihe, in welcher man die Leiter von den Halbleitern und diese von den Nichtleitern ausgeschieden hat, ist folgende [3]:

Leiter: Die gebräuchlichen Metalle. Gut gebrannte Holzkohle. Graphit. Concentrirte Säuren. Kohlenpulver. Verdünnte Säuren. Salzlösungen. Seewasser. Quellwasser. Regenwasser. Schnee. Lebende Vegetabilien. Lebende animalische Theile. Lösliche Salze. Leinen. Baumwolle.

Halbleiter: Alkohol und Aether. Glaspulver. Schwefelblumen. Trockenes Holz. Marmor. Papier. Stroh. Eis bei 0° R. oder 0° C.

Nichtleiter: Trockene Metalloxyde. Fette Oele. Asche. Eis bei — 20° R. Phosphor. Kalk. Kreide. Semen licopodii. Kautschuk. Kampher. Aetherische

Oele. Porzellan. Getrocknete Vegetabilien. Leder. Pergament. Trockenes Papier. Federn. Haare. Wolle. Gefärbte Seide. Edelsteine. Glimmer. Glas. Agat. Wachs. Schwefel. Harze. Bernstein. Schellack.

Diese Reihe mag in Beziehung auf die durch Mittheilung oder durch Erregung an den Körpern hervorgerufene Elektricität ihre Gültigkeit haben, so lange die Körper in dem Zustande sich befinden, der bei Aufstellung derselben vorausgesetzt wurde. — So kann ein Leiter vorübergehend oder bleibend, theilweise oder an allen seinen Stellen in die Reihe der Nichtleiter treten, wenn er von Körpern der letztgenannten Art umgeben wird. Bei einer derartigen Anordnung nennt man ihn gewöhnlich isolirt und die ihn umgebenden Nichtleiter nennt man seine Isolatoren. — Ein Nichtleiter kann aber zum Halbleiter oder sogar zum Leiter werden, und unter diesen eine gewisse Stelle einnehmen, wenn er von Körpern solcher Art an seiner Oberfläche bedeckt wird. Während z. B. ein trockener Glasstab ein Isolator ist, so kann derselbe ein Halbleiter oder sogar ein Leiter werden, sobald er an seiner Oberfläche das in der Luft in Dampf oder Nebelform enthaltene Wasser condensirt, und mit einer, wenn auch nur sehr dünnen Wasserschichte sich überzieht. Aus diesem Grunde zeigen die Körper bezüglich der genannten Eigenschaften unter gewöhnlichen Umständen eine grosse Veränderlichkeit, je nachdem sie in einer feuchten oder trockenen Atmosphäre sich befinden etc. Es sind daher auch die Mauern unserer Gebäude, das an denselben befindliche Holzwerk etc., obgleich diese zu den schlechtesten Leitern gehören, unter gewöhnlichen Umständen, und insbesondere vor dem Eintreten oder während eines Regens als Leiter der Elektricität anzusehen.

Nimmt man ausser den genannten Eigenschaften noch auf andere Umstände Rücksicht, so lassen sich bezüglich des Leitungsvermögens der Körper bestimmtere Begriffe aufstellen.

Schon die durch Influenz oder Vertheilung von den Körpern aufgenommene Elektricität zeigt bei den verschiedenartigen Körpern die grössten Unterschiede.

Während die sogenannten Nichtleiter durch Influenz nur in sehr schwachem Grade die Elektricität aufzunehmen fähig sind, so werden die Leiter durch Annäherung eines elektrischen Körpers sehr leicht durch Vertheilung elektrisch. Ob die Menge der durch Influenz vertheilten Elektricität unter sonst gleichen Umständen nicht von der Natur des der Influenz ausgesetzten Leiters abhängig ist, geht aus den bis jetzt bekannt gewordenen Untersuchungen nicht deutlich hervor. Aber es möchte die Behauptung wenigstens nicht zu kühn sein, wenn wir eine Abhängigkeit der in einem neutralen Leiter durch Influenz hervorgerufenen Elektricitätsmenge von seiner Natur annehmen, und die Vermuthung beifügen, dass die guten Leiter selbst unter sich in dieser Beziehung keine geringen Unterschiede zeigen dürften.

Was aber die Körper in Beziehung auf den Grad ihres Leitungsvermögens besonders charakterisirt, besteht darin, dass der elektrischen Entladung unter sonst gleichen Umständen in verschiedenen Körpern nicht immer derselbe Widerstand sich entgegensetzt, sondern, dass manche Körper die Fähigkeit besitzen, einer grösseren Elektricitätsmenge den Durchgang zu gestatten, wenn sie als Stromleiter dienen, als andere.

Diesen grösseren oder geringeren Grad des Leitungsvermögens der Körper erkannte man an den Wirkungen, welche der Entladungsstrom, wenn er in einem solchen Körper zur Entstehung kömmt, hervorzubringen vermag. Da wir von diesen Wirkungen erst später zu sprechen Gelegenheit haben werden, ohne diese aber sich keine präcisen Begriffe über die Leitungsfähigkeit der Körper bezüglich der zur Ausgleichung kommenden Elektricitäten aufstellen lassen, so stellen wir einstweilen eine Reihe von Metallen hier zusammen, die mit dem besten der bis jetzt untersuchten Leiter beginnt, und von welchen jeder folgende eine geringere Leitungsfähigkeit besitzt, als der vorhergehende. Diese Reihe ist folgende:

Silber, Kupfer, Gold, Cadmium, Messing, Zink, Palladium, Eisen, Platin, Zinn, Nickel, Blei, Neusilber, Quecksilber.

Diese Reihe zeigt einstweilen, dass, wenn aus derselben ein Metall als Leiter für den Entladungsstrom gewählt wird, bei gleichen Dimensionen und unter sonst ganz gleichen Umständen, jedes zu den ersten Gliedern der Reihe gehörige eine grössere Quantität von Elektricität abzuleiten vermag, als ein in der Reihe später folgendes Metall, dass ferner unter den im gewöhnlichen Gebrauche vorkommenden Metallen das Kupfer, Zink, Messing und Eisen in der hier angegebenen Folge zur Benützung kommen können.

Diese Betrachtungen zeigen uns vorläufig wenigstens im Allgemeinen, dass bei der Wahl des Materiales zu Blitzableitern es nicht gleichgültig ist, aus welchen Metallen derselbe construirt wird, wenn er seinem Zwecke entsprechen soll. Gerade dieser Umstand ist es, der bei den älteren Constructionen und zum Theil noch bei den gegenwärtig im Gebrauche stehenden Einrichtungen nicht genug ins Auge gefasst wurde [4].

§. 4. Erscheinungen der Influenz-Elektricität.

Nachdem wir das Verhalten der Körper im Allgemeinen in Bezug auf ihr elektrisches Leitungsvermögen mitgetheilt haben, so wollen wir es nun versuchen, jene Grundgesetze hervorzuheben, nach welchen die Einwirkung elektrischer Körper auf isolirte und unisolirte Leiter erfolgt, und die Umstände angeben, von welchen die Menge der von einem durch Influenz mit Elektricität geladenen Leiter abhängig ist, und hierauf die Entladungserscheinungen selbst mit den sie begleitenden Wirkungen näher betrachten.

Es wurde schon oben (§. 2) erwähnt, dass die durch Influenz durch elektrische Körper in Leitern erzeugten Elektricitäten es eigentlich sind, denen wir unsere besondere Aufmerksamkeit schenken müssen. Diese Influenzerscheinungen, so wie die Wirkungen des Entladungsstromes haben nämlich unter allen elektrischen Vorgängen die meiste Aehnlichkeit mit den sogenannten Blitzerscheinungen und deren Wirkungen; eine genaue Kenntniss der letzteren aber konnte man, wie wir später näher auseinander setzen werden, bis jetzt noch nicht erlangen.

Der Vorgang der elektrischen Vertheilung kann sehr leicht durch den von Riess [5] angegebenen Apparat, der in *Fig. 1* (Seite 6) dargestellt ist, erläutert werden. Hierin bedeutet *ab* einen cylindrischen Messingstab, der vertical von einem an einer Metallhülse befestigten Glasstab *f* gehalten und längs des letzteren

verschoben und festgestellt werden kann. Auf gleiche Weise ist die Glasscheibe *d* und die hohle Metallkugel *e* befestiget, welche letztere einen Durchmesser von $28\frac{1}{2}$ Linien, während der Stab eine Länge von 6 Zoll 5 Linien und eine Dicke von $3\frac{1}{2}$ Linien hat. An dem Messingcylinder befinden sich drei Hollundermarkkügelchen an zolllangen leinen Fäden, von welchen die beiden äussersten am Stabe selbst, das mittlere *c* an einem Ringsegmente festgehalten wird, das höher und tiefer gestellt werden kann. Theilt man der Kugel *e* positive Elektricität mit (was dadurch geschehen kann, dass man sie mit einem Glasstabe berührt, welchen man mit einem Lederstücke gerieben hat, das mit einem ähnlichen Amalgamüberzuge, wie die Reibzeuge der Glaselektrisirmaschinen versehen ist), und verhindert den unmittelbaren Uebergang dieser Elektricität auf *ab* durch die Scheibe *d*, so kann man folgende Erscheinungen wahrnehmen:

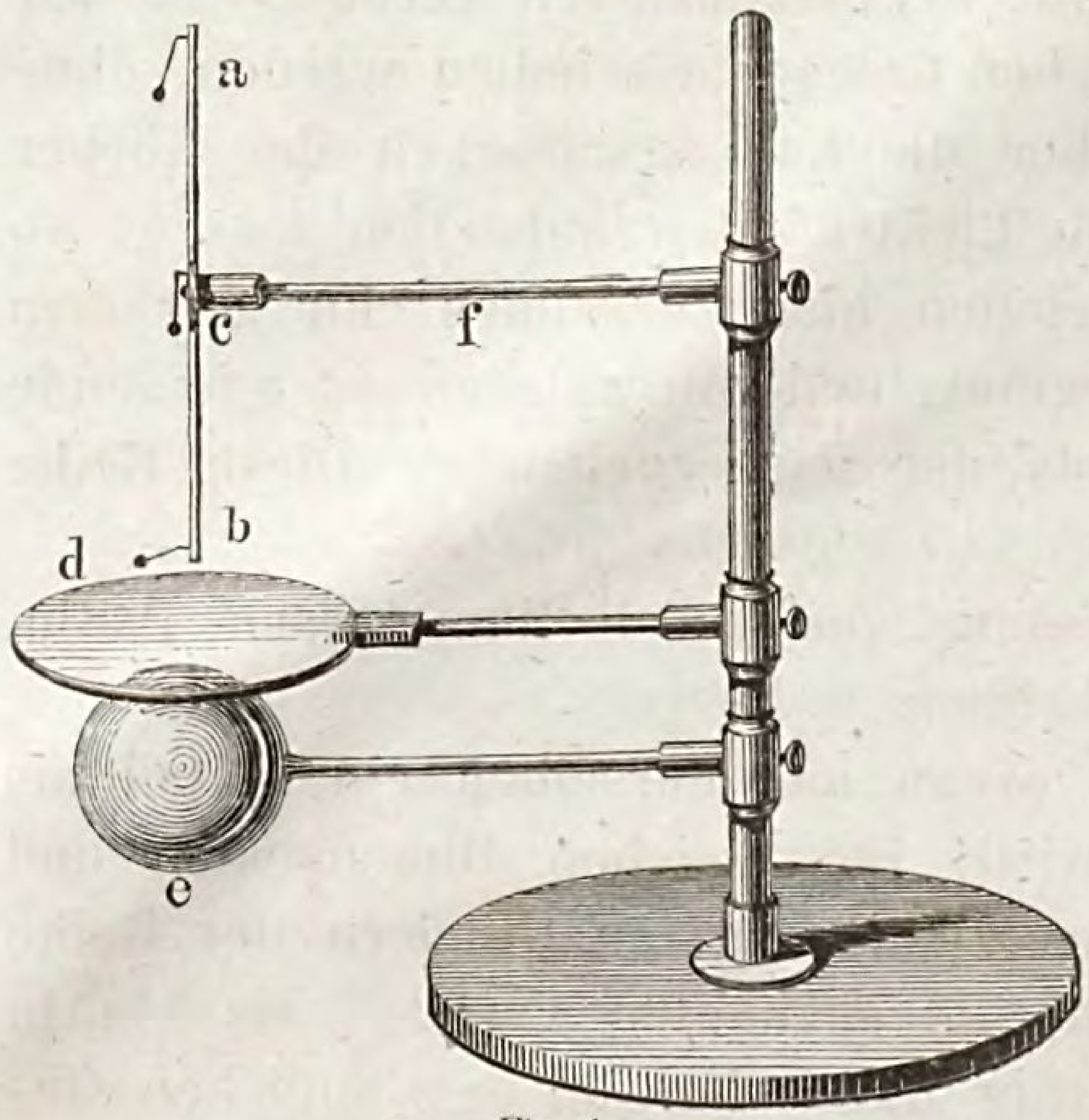


Fig. 1.

1) Findet man sogleich, dass die drei Pendel nicht mehr vertical bleiben, sondern von dem Stabe gleichsam abgestossen werden, und deshalb divergiren. Diese Erscheinung ist ein charakteristisches Merkmal für einen im elektrischen Zustande befindlichen Körper, die deshalb gewöhnlich mit dem Namen „elektroskopische“ bezeichnet wird. Sie besteht darin, dass Körper, die im gleichnamigen elektrischen Zustande sich befinden, abstossend, die mit ungleichen elektrischen Zuständen versehenen Körper aber anziehend auf einander einzuwirken scheinen. Ersteres bewirkt daher in unserem vorliegenden Falle das Entfernen der Hollundermarkpendel von den mit ihnen gleichnamig elektrisirten Theilen des Stabes *ab*. Man bemerkt aber hierbei, dass das mittlere Pendel schwächer divergirt, als die beiden äusseren.

2) Prüft man die Elektricitäten der beiden äusseren Pendel, etwa dadurch, dass man den oben genannten positiv elektrischen Glasstab zuerst dem einen, dann dem anderen Pendel nähert, so findet man, dass dieser das Pendel *b* anzieht, und seine Elektricität vernichtet, das Pendel *a* aber abstösst; dieses ist daher mit *e* gleichnamig, jenes aber mit der Kugel ungleichnamig elektrisirt. Dasselbe würde bewirkt werden, wenn *e* negativ elektrisch gewesen wäre, nur mit dem Unterschiede, dass jetzt *a* den negativen, *b* aber den positiven Zustand angenommen hätte.

3) Durch Entladung der Kugel *e* oder Entfernen derselben hört der elektrische Zustand in *ab* wieder auf.

4) Verrückt man das Ringsegment, an dem das mittlere Pendel hängt, so findet man eine Stelle, an welcher dasselbe nicht divergirt. Diese Stelle ist im Allgemeinen dem Ende *b* näher als an *a*, und rückt allmählig gegen die Mitte, wenn die Kugel *e* weiter von *b* entfernt wird.

5) Verlängert man den Stab am Ende *a* durch Anlegen eines zweiten Stabes, so verbreitet sich die positive Elektricität (vorausgesetzt, dass die übrigen Anordnungen ungeändert geblieben sind) jetzt über eine grössere Oberfläche, ihre Intensität wird daher schwächer, während die der negativen zunimmt. Das Maximum der Verstärkung der negativen Elektricität wird eintreten, wenn man die Isolirung von *a* ganz aufhebt.

Der Hergang dieser Erscheinungen zeigt uns also, dass, da auch die Erscheinungen im Allgemeinen dieselben bleiben, wenn statt des Vertheilungsstabes ein Leiter von irgend anderer Gestalt gewählt wird, durch die Anwesenheit eines elektrisirten Körpers in jedem isolirten Leiter durch Vertheilung beide elektrische Zustände, und zwar in gleicher Menge der angehäuften Elektricitäten erzeugt werden, von welchen die dem elektrischen Körper zugewendete Seite des Leiters negativ gegen die letztere, die abgewendete Seite aber gleichnamig mit der des influencirenden Körpers ist. Ferner geht aus Obigem hervor, dass sich an dem Leiter ein Gürtel befinden muss, der indifferent bleibt, und der im Allgemeinen immer zwischen der Mitte der Oberfläche des Leiters und dem elektrisirenden Körper liegt; mit Annäherung des letzteren aber sich von, mit allmähligem Entfernen desselben sich gegen die Mitte des Leiters hin begibt.

Hieraus folgt also weiter, dass die Dichte der negativen Elektricität bei grosser Nähe des elektrisirenden Körpers (diesen als positiv angenommen) immer grösser ist, als jene der positiven des Leiters.

Bei einem sehr langen und ausgedehnten Leiter wird die Dichte der mit dem elektrisirenden Körper gleichnamigen Elektricität sehr gering, und verschwindet endlich, wenn die Isolirung des Leiters aufgehoben wird. In diesem Falle bleibt der Leiter also nur mit negativer Elektricität geladen.

Die oben beschriebenen Vorgänge finden zum grössten Theil ihre Anwendung bei den Blitzableitern selbst, sowie auf die Umgebung der letzteren, in so ferne in dieser Leiter sich befinden, die in oder an den Gebäuden etc. angebracht, und dem vertheilenden Einfluss des Blitzableiters mehr oder weniger ausgesetzt sind. Sie zeigen im Allgemeinen die Anordnung der durch Vertheilung erregten Elektricitäten auf cylindrische Leiter, deren Querschnitt im Verhältniss zu ihrer Länge gering ist, und es mag diese Anordnung für unsere Zwecke auch bei prismatischen Leitern angenommen werden dürfen.

§. 5. Vertheilung der elektrischen Dichte auf influencirten Leitern.

Für die Theorie der Blitzableiter wäre es von grosser Wichtigkeit, über die Menge der durch einen elektrisirenden Körper von irgend welcher Form in einem Leiter von beliebiger Gestalt erregten Elektricität, ferner über die Vertheilung der Elektricitäten an dem influencirten Leiter genaue Kenntniss zu haben. Die allgemeine Lösung dieser Fragen ist aber bis jetzt noch nicht in der Weise gediehen, um in allen Fällen, wie sie in der Praxis vorkommen, davon Gebrauch machen zu können. Da wir aber bei den Blitzableitern als influencirte Leiter gewöhnlich Metallstücke in cylindrischer oder prismatischer Form antreffen, so beschränken wir unsere Betrachtungen nur auf diejenigen Gesetze und That-

sachen, die aus der theoretischen Elektricitätslehre über derartige Constructionen bekannt geworden sind.

Die Menge der in einem neutralen Leiter (d. h. einem solchen Körper, der durch kein elektroskopisches Mittel an irgend einer Stelle eine der beiden Arten von Elektricität erkennen lässt) durch Einwirkung eines elektrisirten Körpers erregten Elektricität hängt von der Gestalt und Ausdehnung des elektrisirenden Körpers, von der Elektricitätsmenge des letzteren, von der Form und den Dimensionen des influencirten Leiters, von der gegenseitigen Lage und der Entfernung beider Körper ab.

Was man unter der Elektricitätsmenge eines Körpers überhaupt versteht, darüber lässt sich eine bestimmte Definition nicht feststellen, indem ein und derselbe Körper den elektrischen Zustand bald in grösserem, bald in geringerem Grade zeigen kann. Die Elektricitätsmenge soll daher die Grösse der elektrischen Erregung, welche ein Körper in gleichen Perioden und in gleicher Weise in jeder solchen Periode erfahren hat, bezeichnen. Da aber diese elektrische Erregung an verschiedenen Körpern und an verschiedenen Stellen eines und desselben Körpers im Allgemeinen nicht in demselben Grade auftritt, so hat man zur Beurtheilung der von einem Körper angenommenen Elektricität die Grösse der Fläche bei verschiedenen Körpern, und die Grösse irgend einer Stelle eines und desselben Körper mit in Rücksicht zu bringen. Das Verhältniss der Elektricitätsmenge zur Grösse der Fläche, auf welcher sie verbreitet ist, nennt man die elektrische Dichtigkeit.

Vertheilung der Dichte an gewöhnlich elektrischen Körpern.

Erhält ein Körper durch unmittelbare Erregung oder durch unmittelbare Berührung mit einem elektrisirten Körper den elektrischen Zustand, und bleibt dieser im Gleichgewichte, so nimmt der Körper an verschiedenen Stellen ungleiche Dichte an, jedoch ist die Dichte an irgend einer Stelle der von der ganzen Körperoberfläche angenommenen elektrischen Dichte proportional. An einer Kugel ist die Dichte an allen Stellen der Oberfläche dieselbe. An einem mit halbkugelförmigen Ansätzen geschlossenen Cylinder ist die elektrische Dichte an den Enden am grössten, in der Mitte am kleinsten. An einer kreisförmigen Platte nimmt die elektrische Dichte von der Mitte aus gegen den Rand hin zu. Steht eine Kugel mit einem Cylinder in Verbindung, dessen Durchmesser kleiner ist, als der der Kugel, so ist die Dichte des Cylinders grösser, als jene der Kugel, und wächst bei Cylindern von verschiedenen Durchmessern in demselben Verhältnisse, in welchem die Dicken der Cylinder abnehmen. Die Dichte wird daher offenbar an einem Drahte von äusserst geringem Durchmesser, also an einer Spitze am grössten ausfallen.

Die elektrische Dichte ist in allen bis jetzt untersuchten Fällen von der Masse des elektrisirten Körpers ganz unabhängig, und ist daher unter sonst gleichen Umständen bei Leitern von verschiedener Natur immer von derselben Grösse.

Vertheilung der Dichte an Körpern, die durch Influenz geladen werden.

Die Grösse und Vertheilung der Dichte aber an einem durch Influenz elektrisirten Leiter hängt, wie oben schon erwähnt wurde, noch

von andern Umständen ab, als die sind, welche hier zur Besprechung kamen.

Bei den hierüber angestellten Untersuchungen [6] wurde stets eine elektrische Kugel als influencirender Körper angenommen. Die Versuche sowohl, wie die hierüber vorgenommenen theoretischen Entwickelungen zeigten, dass, wenn der der Influenz ausgesetzte neutrale Leiter eine Kugel ist, seine elektrische Dichte einmal von dem Durchmesser der letzteren, und dann von der Entfernung der Mittelpunkte beider Kugeln abhängig ist, während die an einem cylindrischen neutralen Leiter von ihm durch Influenz angenommene elektrische Dichte nicht bloss von der Dicke und Länge dieses Cylinders, sondern auch von dem Winkel abhängig ist, den die Axe desselben mit der Geraden bildet, welche von ihrer Mitte nach dem Mittelpunkte der Kugel gedacht werden kann, und von der Distanz der eben genannten zwei Punkte. „In allen Fällen ist aber die Quantität der Influenzelektricität der Elektricitätsmenge des influencirenden Leiters direct proportional." Der einfachste Fall, in welchem ein kugelförmiger Leiter auf einen cylindrischen neutralen Leiter einwirkt, ist der, in welchem die Axe des Cylinders, gehörig verlängert gedacht, durch das Centrum der Kugel geht.

Für diesen Fall geht aus den Untersuchungen Coulomb's [6] hervor, dass, wenn der der Influenz unterworfene Cylinder nicht isolirt ist, also die an ihm erregte Elektricität an allen Stellen negativ gegen die der erregenden Kugel ist, die elektrische Dichte dieses Cylinders an dem der Kugel am nächsten liegenden Ende am grössten, dass ferner an allen Punkten eines und desselben normalen Querschnittes des Cylinders die Dichte dieselbe ist, hingegen an den verschiedenen Querschnitten die Dichten in demselben Verhältnisse abnehmen, wie die Quadrate der Abstände jener Schnittflächen vom Mittelpunkte der Kugel zunehmen. Jedoch ist dieses Gesetz erst von einer Stelle des Cylinders an gültig, die weiter von seinem freien Ende entfernt ist, als der vier- oder fünffache Cylinderdurchmesser beträgt, indem in der Nähe der freien Endstelle die Dichte in einem geringeren Verhältnisse, als das eben angegebene abnimmt.

Die elektrische Dichte der freien Endstelle des nicht isolirten Cylinders steht in geradem Verhältnisse mit der Dichte der elektrisirenden Kugel und dem Quadrate ihres Halbmessers, hingegen im umgekehrten mit dem Durchmesser des Cylinders und mit der Quadratwurzel aus der dritten Potenz der Distanz der freien Endstelle des Cylinders von dem Mittelpunkte der Kugel.

Bezeichnet nämlich D die elektrische Dichte der erregenden Kugel, R ihren Halbmesser, r den Halbmesser des Vertheilungscylinders, a den Zwischenraum zwischen Kugel und Cylinder, ferner d die Dichte des freien Endes des Cylinders, und n eine Constante, so hat man:

$$d = -\frac{n D R^2}{r (a + R)^{\frac{3}{2}}}.$$

Bei einem von Coulomb hierüber angestellten Versuche wurde $n = 2{,}07$ gefunden. Ob nun diese Constante unter allen Umständen, wie sie bei dem vorliegenden einfachsten Falle vorkommen können, denselben und zwar den hier angegebenen Werth beibehält, und ob namentlich dieselbe von der Natur und

Masse der angewandten Leiter unabhängig ist, darüber geben die bis jetzt angestellten Untersuchungen keinen Aufschluss.

§. 6. Von der Spitzenwirkung bei elektrisirten Leitern.

Ehe wir diese Besprechungen beendigen, dürfen wir es nicht unterlassen, auf einen Umstand aufmerksam zu machen, der für den in Rede stehenden Zweck von der grössten Wichtigkeit ist. Schon die oben erwähnten Versuche gaben zu erkennen, dass die elektrische Dichte des freien Endes des nicht isolirten Vertheilungscylinders von der Fläche abhängig ist, welche den Cylinder an jenem Ende schliesst. War diese Fläche eine Halbkugel, so betrug die Dichte des Scheitels der letzteren — des äussersten Punktes nämlich am Cylinder — mehr als das Doppelte von der an einer Stelle, die um einen Cylinderdurchmesser von dem freien Ende entfernt war.

Noch weit stärker nimmt aber diese Dichte zu, wenn der Cylinder in einen vollkommenen Kegel, in eine Spitze nämlich ausgeht. An der Spitze eines mathematischen Kegels ist die Dichte unendlich gross: „ein mit einer solchen Spitze versehener Leiter kann daher keine Elektricität annehmen, die Spitze verliert durch Ausströmen ihre Elektricität, und kann daher nicht geladen werden." Von dieser Eigenschaft der Spitzen wurde schon oben (Seite 8) Erwähnung gemacht; aber bei einem durch Influenz erregten Leiter spielt die Wirkung der Spitzen noch eine weit grössere Rolle [7]. Von dieser Wirkung kann man sich mittelst des in *Fig. 2* dargestellten Apparates, der dem auf Seite 6 beschriebenen ähnlich construirt ist, die gehörige Vorstellung verschaffen.

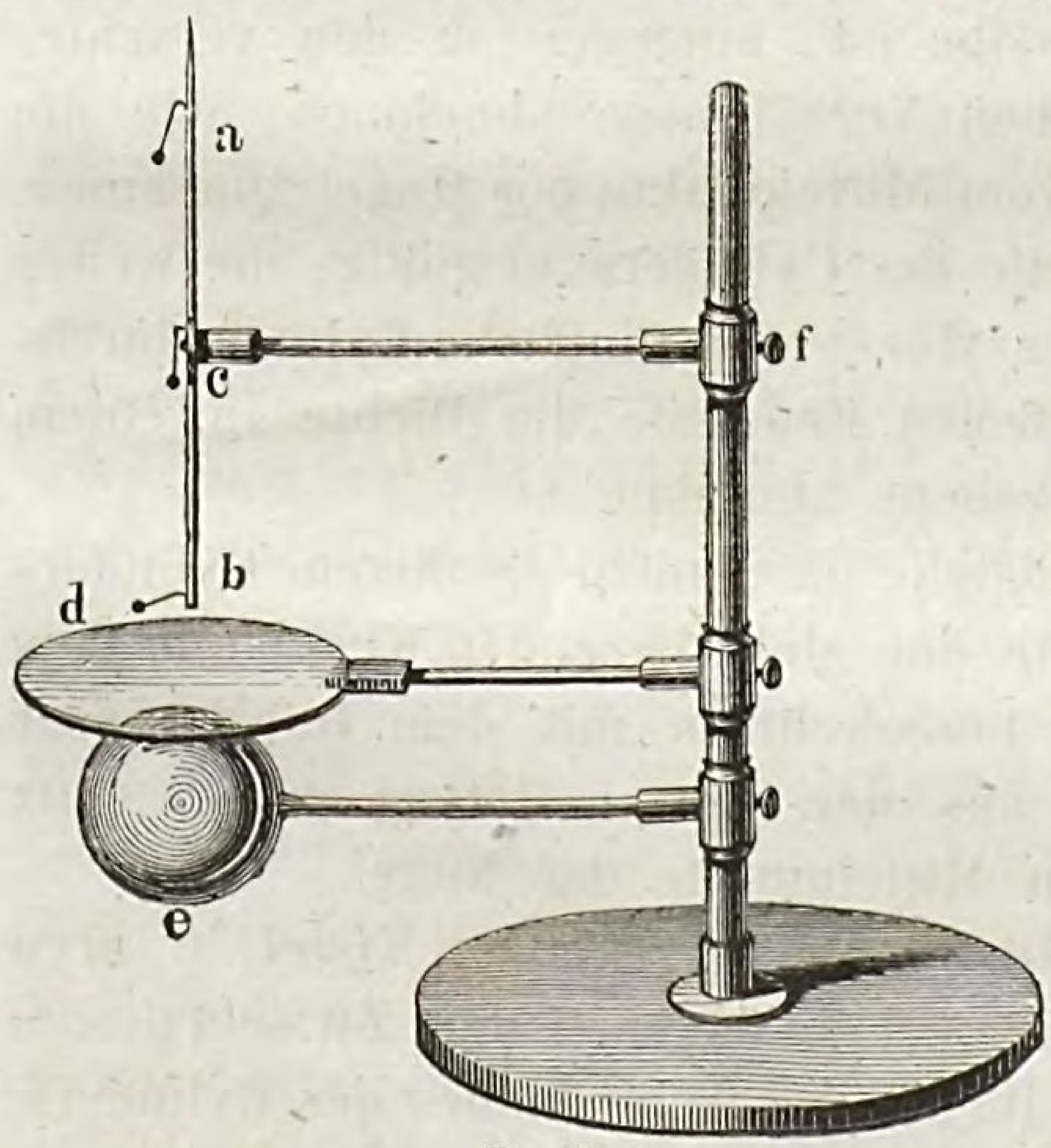


Fig. 2.

Bringt man nämlich in der Verlängerung des Vertheilungscylinders bei *a* eine möglichst vollkommene Spitze an, so ladet sich durch die vertheilende Einwirkung der elektrisirten Kugel *e* der Cylinder nur mit der negativen Elektricität der letzteren, während die positive Elektricität abströmt, und zwar fast ebenso, als wäre der Cylinder nicht isolirt, oder als ob der Cylinder eine sehr grosse Länge hätte. Die der elektrisirten Kugel gleichnamige Elektricität geht also auf diese Weise ganz verloren, sie wird unschädlich gemacht, und hört die vertheilende Wirkung von *e* auf, so wird aus denselben Gründen die negative Ladung des Stabes *ab* abströmen müssen. Dieselben Erscheinungen zeigen sich, man mag den Cylinder *ab* an irgend einer Stelle mit einer Spitze versehen, die zwischen *a* und dem indifferenten Gürtel liegt. Bringt man hingegen die Spitze an dem Ende *b* an, so strömt die negative Elektricität ab, und es ladet sich jetzt der Cylinder *ab* nur mehr mit der der Kugel gleichnamigen Elektricität, und bleibt auch nach Entfernen derselben in dieser Weise so lange geladen, als es die

Spitzenwirkung erlaubt. Hiebei tritt aber noch der Umstand ein, dass die Ladung der elektrisirenden Kugel selbst dabei kleiner wird, und sogar vernichtet werden kann, wenn der Vertheilungscylinder isolirt ist.

Hieraus sollte man also den Schluss ziehen dürfen, dass, wenn der isolirte Vertheilungscylinder an beiden Enden mit genauen Spitzen versehen würde, ein in seine Nähe gebrachter elektrisirter Körper denselben nicht zu laden vermöchte, oder dass die von ihm angenommene Ladung wenigstens eine sehr schwache würde.

Die eben beschriebene Wirkung der Spitzen ist für die Construction der Blitzableiter von der grössten Wichtigkeit, und sie bildet gleichsam das Princip der Blitzableitereinrichtung. Dass jedoch die Spitzen bei Blitzableitern, wenn sie nicht an den rechten Stellen sich befinden, zuweilen sehr nachtheilig werden können, wird später noch besonders hervorgehoben werden.

Jene Spitzenwirkung tritt nur dann vollständig auf, wenn die Spitze als eine mathematische angenommen werden kann. Da aber die sorgfältigsten Arbeiter solche Spitzen nicht anzufertigen vermögen, und diese immer mehr oder weniger als abgestumpfte Kegel erscheinen werden, so werden die oben beschriebenen Erscheinungen in der Praxis nur zum Theil eintreten, und daher der mit einer Spitze versehene Leiter dennoch eine gewisse Ladung der Elektricität erhalten, wobei aber die Dichte an der Spitze am grössten ausfällt.

Es ist daher für die Anwendung nicht gleichgültig, wie die Spitze eingerichtet sein muss, damit ihre Wirkung unter sonst gleichen Umständen am grössten ausfällt.

Bei Kegeln von gleichen Grundflächen und gleichen Winkeln an ihrer Spitze ist die Dichtigkeit der letzteren an der vollkommneren Spitze am grössten. So fand Riess die Wirkung einer feinen englischen Nähnadel geringer als die des Stachels einer Euphorbia (Wolfsmilchbaum), und nicht grösser als die des Stachels eines Stachelbeerstrauches und eines Cactus. Da aber die Vollkommenheit metallischer Spitzen durch die an der Oberfläche in Folge der Einwirkung der Feuchtigkeit und der atmosphärischen Einflüsse überhaupt beeinträchtigt wird, so wird also die Wirkung metallischer Spitzen im Allgemeinen veränderlich sein. Jedoch sind die Spitzen aus edlen Metallen geringeren Aenderungen unterworfen, als jene aus unedlen.

Ferner ist bei gleich gut gearbeiteten Spitzen die von ihnen angenommene elektrische Dichtigkeit von den Dimensionen des Kegels nicht unabhängig. Die Spitzenwirkung wird an einem und demselben Kegel desto stärker, je höher er genommen wird; jedoch scheint es hierfür eine gewisse Grenze zu geben, bei welcher eine weitere Vergrösserung der Höhe ohne weiteren Einfluss bleibt.

Wird ein Leiter mit einer Spitze an irgend einer Stelle versehen, so nimmt diese die grösste Dichtigkeit an, wenn jener elektrisirt wird, und es muss dann bei sorgfältiger Anordnung ein grosser Theil der Ladung unwirksam werden, oder abströmen. Diese Wirkung einer Spitze wird aber bedeutend vermindert, wenn man den Leiter mit einer zweiten, dritten etc., überhaupt mit einem Büschel von Spitzen an derselben Stelle versieht, indem eine einzige Spitze eine viel grössere Dichte annehmen kann, als ein Spitzenbündel.

Ebenso wird die Wirkung einer Spitze entweder beeinträchtiget, oder sogar ganz aufgehoben, wenn man dieselbe mit einem hohlen metallischen Leiter umgibt.

Ganz auf ähnliche Weise, wie die Spitzen, und nur dem Grade nach verschieden, wirken die an einem Körper befindlichen Kanten. An einem elektrisirten Cylinder ist an allen Stellen des Umfanges eines und desselben Querschnittes die Dichte der angehäuften Elektricität dieselbe, mag derselbe durch Mittheilung oder Influenz geladen werden. Bei einem parallelepipedischen Körper jedoch ist dies nicht der Fall; die elektrische Dichte ist hier an den Rändern und Kanten am grössten. Ein elektrisirter Doppelkegel hat drei Stellen, an welchen die Dichte ihre grössten, und zwei, wo sie ihre kleinsten Werthe erreicht. Die drei Stellen des Maximums der Dichte sind an dem Umfange der gemeinschaftlichen Grundfläche und an den beiden Spitzen; diese beiden Maxima übertreffen aber jenes bedeutend. Die Stellen der beiden kleinsten Dichtigkeiten befinden sich zwischen je einer Spitze und der Grundfläche.

Diese elektrischen Eigenschaften der Spitzen und Kanten sind wohl ins Auge zu fassen; eine gut construirte Spitze kann, wenn sie an einem langen, nicht isolirten Leiter angebracht ist, das Elektrischwerden des letzteren verhindern und die Ladung des influencirenden Körpers entweder schwächen oder ganz vernichten; die an dem Leiter befindlichen scharfen Kanten aber schwächen jene Wirkung und veranlassen selbst der grossen elektrischen Dichtigkeit halber, welche sie annehmen können, wieder elektrische Vertheilungen an den umgebenden Leitern. — An einem fehlerhaften Blitzableiter findet daher das sogenannte Abspringen des Blitzes gewöhnlich an scharfen Kanten und Rändern statt.

Spitzenwirkung glimmender und brennender Substanzen.

Aehnlich wie die Spitzen aus guten Leitern der Elektricität, wirken auch glimmende, brennende Körper und Gassäulen, welche solche Körper umgeben. Man war früher allgemein der Ansicht, dass die in den Kaminen enthaltenen Zersetzungsproducte, so wie der Rauch gute Leiter der Elektricität seien. Die Untersuchungen hierüber haben aber gezeigt [8], dass die Wirkung glimmender Körper in Beziehung auf die Ableitung der Elektricität eines in ihrer Nähe befindlichen elektrisirten Körpers bloss als Spitzenwirkung zu betrachten sei, indem jeder glimmende Körper von entstehenden und wieder verschwindenden kleinen aber vollkommenen Spitzen bedeckt ist, die jene Erscheinung allein bedingen. Kräftigere Wirkungen auf elektrisirte Leiter bieten die mit Flamme brennenden Körper dar, indem bei diesen die Wirkung nicht von der brennenden Oberfläche, sondern von der über der Flamme stehenden Dampf- oder Gassäule ausgeht. Ist diese Dampf- oder Gassäule nicht leitend, so zeigt dieselbe die elektrischen Wirkungen nicht. Die Wirkung solcher bei der Verbrennung entstehenden Gas- und Dampfsäulen in Beziehung auf ihre Fähigkeit, durch Influenz elektrisch zu werden, hat man ebenfalls den in ihr befindlichen Dampfspitzen oder Spitzen aus festen Producten zuzuschreiben, wie letztere bei der unvollkommenen Verbrennung in derselben schwebend vorkommen können.

Wenn daher eine solche leitende Dampf- oder Gassäule vom Kamine eines Gebäudes aus bis zu seinem Inneren sich erstreckt, so kann ein elektrisirter Körper über dem Gebäude die Gassäule durch Influenz laden, und diese kann daher je nach der Stärke der Influenzelektricität schwächere oder bedeutendere Wirkungen auf die in ihrer Nähe befindlichen Leiter ausüben.

§. 7. Ueber das Entstehen von Entladungsströmen.

Es wurde schon früher (§. 2) erwähnt, dass ein in elektrischem Zustande befindlicher Körper keine anderen als nur elektroskopische Wirkungen wahrnehmen lässt, dass hingegen verschiedenartige Wirkungen auftreten können, wenn Entladungen statt finden. Um für unsere Zwecke die hierher gehörigen Erscheinungen übersehen zu können, ist es nöthig die Bedingungen überhaupt zu betrachten, unter welchen Entladungen eintreten.

Wird ein Elektricitätsleiter auf irgend eine Weise in den elektrischen Zustand versetzt, so verbreitet sich der letztere über seine Oberfläche, und verschwindet sogleich wieder, wenn der Leiter mit den an oder in der Erde befindlichen Wassermassen in guter und leitender Verbindung steht. Bei geringen Graden von Elektricität ist der Zusammenhang des Leiters mit einem anderen von genügend grosser Oberfläche schon ausreichend, um seinen elektrischen Zustand zum Verschwinden zu bringen. Ist aber der Leiter isolirt, und die Dichte der von ihm aufgenommenen Elektricität nicht stark genug, so verschwindet letztere durch sogenanntes Ausströmen nach und nach, und der Körper wird nach kürzerer oder längerer Zeit unelektrisch. Ist der Leiter, während ihm Elektricität mitgetheilt wird, mit Spitzen versehen, so kann er ohnehin nicht geladen werden. Die Vorgänge derartiger Entladungen, die wir geräuschlose nennen wollen, näher zu beschreiben, liegt ausser dem Bereiche unserer vorliegenden Aufgabe. Derartige geräuschlose Entladungen bringen — mit Ausnahme der Spitzenentladungen — keine durch gewöhnliche Mittel wahrnehmbaren Wirkungen hervor, die von den elektroskopischen nicht verschieden sind; nur bei Spitzenwirkungen können zuweilen die sie begleitenden Lichterscheinungen wahrgenommen werden.

Wird aber der in einem Leiter erregte elektrische Zustand in dem Augenblicke seines Entstehens sogleich wieder zum Verschwinden gebracht, so besteht der Act des Verschwindens immer in einem elektrischen Strome, der Entladungsstrom genannt wird. Dieser elektrische Strom ist es nun, der eigentlich Wirkungen in den Körpern hervorbringt, in welchen er zu Stande kommen soll.

Um aber diese Wirkungen übersehen zu können, ist es nöthig, die Betrachtung der Umstände, unter welchen überhaupt elektrische Ströme zu Stande kommen, von der Angabe ihrer Wirkungen zu trennen. Ein elektrischer Strom kömmt eigentlich immer zu Stande, wenn die an einem oder an verschiedenen Leitern angehäuften ungleichnamigen elektrischen Zustände zur Vereinigung kommen können. Ein solcher Strom ist dann der Act der Vernichtung beider Zustände oder die Herstellung des neutralen Zustandes an den Leitern, wenn die Dichten der zur Ausgleichung gekommenen Elektricitäten von gleicher Grösse waren, hingegen das Erzeugen eines und desselben Zustandes an einem Leiter, wenn dieser Zustand im Ueberschusse auf ihm angehäuft war.

Alle Umstände daher, welche das Entstehen beider Zustände der Elektricität an einem und demselben Leiter, oder in verschiedenen Leitern, die in passender Entfernung von einander sich befinden, bedingen, können das Entstehen eines elektrischen Stromes veranlassen.

Gewöhnlich reicht schon die Anwesenheit eines elektrischen Körpers aus, um einen elektrischen Strom in nahe liegenden isolirten und nicht isolirten Leitern zu erzeugen, und es mag vielleicht der Act der Ladung eines Leiters mit Elektricität ebenfalls in einer durch gegenseitige influencirende Wirkung seiner Theilchen entstehenden elektrischen Strömung bestehen. Um die Möglichkeit eines derartigen Vorganges sich vorstellen zu können, nehme man an, es sei *Fig. 3* AB eine materielle Linie, welche zwei Stellen eines Körpers mit einander verbindet, und man denke sich diese Linie in eine sehr grosse Anzahl von Theilchen zerlegt, von welchen jedes Theilchen die Kugelform habe. Wird nun A in den elektrischen Zustand versetzt, und nimmt z. B. die elektrische Dichte $+e$ an, so kann das neutrale Theilchen a an der zugewendeten Stelle die Dichte $-e'$, an der abgewendeten aber die Dichte $+e'$ annehmen, jene wird durch e vernichtet, und es wirkt nun die Elektricität $+e'$ in derselben Weise vertheilend auf das nächste Kügelchen ein, wie vorher A auf a. Auf diese Weise verbreitet sich sodann die Elektricität von Theilchen zu Theilchen, und die Linie AB wird nur an den Enden elektrisch bleiben, und denselben Zustand wie A auch in B annehmen, während die Stellen zwischen A und B unelektrisch werden. Wenn man sich daher A als eine Stelle irgend eines Leiters, und von dieser nach allen möglichen Punkten seiner Oberfläche solche materielle Linien gezogen, und ebenso alle Punkte unter sich durch solche verbunden denkt, so lässt sich hieraus entnehmen, dass, wenn dem Körper keine Gelegenheit dargeboten wird, die empfangene Elektricität wieder abzugeben, derselbe nur an seiner Oberfläche dieselbe anhäufen muss, also geladen bleibt.



Fig. 3.

Aber selbst der Hergang dieses Ladens wird von verschiedenen Bedingungen abhängig sein. Bei einer und derselben Menge der Elektricität $+e$, die dem Körper bei A zufliesst, wird die Fähigkeit, sich zu laden, von der Grösse des Querschnittes abhängen, der der durchfliessenden Elektricität dargeboten wird, von der Leitungsfähigkeit der einzelnen Körpertheile und des Körpers selbst. Die beim Laden auftretenden Widerstände sind also, wie wir sehen, von den Dimensionen der einzelnen Querschnitte des Leiters und von seiner Leitungsfähigkeit abhängig, und man ersieht ferner hieraus, dass, wenn an einem und demselben Körper die Leitungsfähigkeit nach verschiedenen Richtungen hin verschieden ist, sich die Elektricität in ihm in ungleicher Weise verbreiten, und dass ferner die Verbreitung um so langsamer ausfallen muss, je mehr Querschnitte in einem Leiter zu durchlaufen sind, d. h. je länger die Distanz zweier Stellen an dem Körper ist, von welchen die eine den elektrischen Zustand von der andern empfangen soll, oder je länger der Weg ist, den die Elektricität zurückzulegen hat. Bleiben aber Querschnitt und Leitungsfähigkeit sowie Weglänge dieselben, so werden offenbar die Erscheinungen, welche in Folge des Widerstandes beim Durchgange der Elektricität entstehen, um so

wahrnehmbarer werden, je stärker die elektrische Dichte in A ist. Die Grösse der Ladung aber, welche ein isolirter Leiter behalten kann, hängt offenbar mit den genannten Umständen nicht zusammen, sie ist von der Grösse der Oberfläche des Leiters, von seiner Gestalt etc. und von der Beschaffenheit der Umgebung abhängig, und richtet sich überhaupt nach den oben erwähnten Umständen.

Aus diesen Erläuterungen folgt also, dass man das Durchströmen der Elektricität durch einen Leiter als ein ununterbrochenes Vernichten ungleichartiger elektrischer Zustände von gleicher Dichte betrachten kann. Eine solche Strömung geht mit ungemein grosser Geschwindigkeit vor sich.

Soll die auf einen isolirten Leiter angehäufte Elektricität plötzlich zur Vernichtung kommen, so kann diess nur durch eine ihm dargebotene Elektricitätsmenge von gleicher Dichte und entgegengesetzter Art geschehen, die entweder auf jenen isolirten Leiter angehäuft wird, oder die er durch Influenz einem nicht isolirten Leiter beizubringen vermag, mit dem er durch einen schliessenden Leiter verbunden, oder dem er bis auf eine gewisse Distanz genähert wird.

Jede Verbindung, die die Ausgleichung der ungleichartigen Elektricitäten zweier isolirter Leiter, also die Entstehung eines elektrischen Stromes vermitteln soll, muss aus einem Systeme von guten Leitern der Elektricität bestehen, und man nennt ein solches System den Schliessungsleiter.

In *Fig. 4* stellen K und L zwei elektrisirte und isolirte metallene Kugeln vor, von welchen eine die elektrische Dichte $+e$, die andere jene $-e$ haben soll. Werden beide Kugeln durch einen Draht AB leitend mit einander in Verbindung gebracht, so entsteht in AB ein elektrischer Strom und in Folge dieses Vorganges werden beide Kugeln unelektrisch.

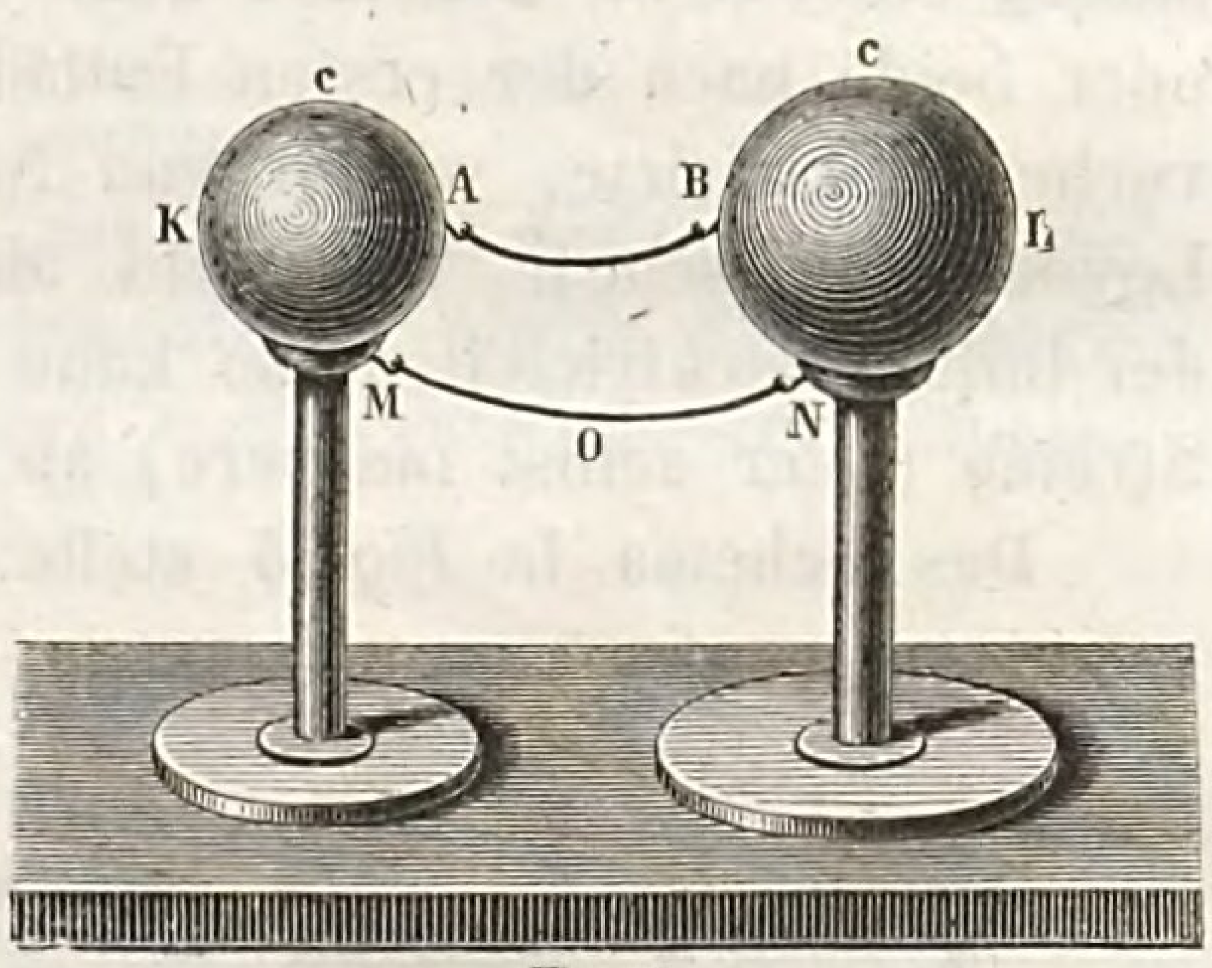


Fig. 4.

Bietet man der Ausgleichung mehrere Wege durch verschiedene Schliessungsleiter zu gleicher Zeit dar, z. B. in obigem Schema den Schliessungsleiter AB sowohl, als auch den MON, so wird der Strom in jenem Schliessungsleiter stattfinden, welcher ihm den geringsten Widerstand darbietet.

Wären MON und AB zwei Drähte aus einem und demselben Metalle, so würde bei gleichen Dicken der Drähte der Strom in dem kürzeren derselben erfolgen, bei ungleichen Dicken aber in jenem der beiden Drähte, in welchem der Quotient aus Querschnitt getheilt durch die zugehörige Länge den grösseren Werth hat. Wenn aber beide Drähte aus verschiedenen Metallen wären, so würde unter sonst gleichen Umständen jener Draht der Schliessungsleiter werden, welcher aus dem Metalle mit der grösseren Leitungsfähigkeit (§. 3) angefertigt ist.

Von zwei Schliessungsdrähten also, welche ungleiche Leitungsfähigkeit, verschiedene Dicke und Länge haben, wird daher der Strom in jenem Draht zu Stande kommen, in welchem der Ausdruck

$$\frac{mq}{l}$$

den grösseren Werth hat; hierin bedeutet q den Inhalt des Querschnittes, m das Leitungsvermögen des Drahtmateriales und l die Drahtlänge. Wenn daher dem Strome zwei Schliessungsleiter dargeboten werden, für welche das Product aus Leitungsvermögen multiplicirt mit dem Querschnitte, getheilt durch die Drahtlänge bei dem einen genau denselben Werth gibt, wie bei dem anderen, so erfolgt die Ausgleichung durch beide gleichzeitig; sind hingegen beide Quotienten ungleich, so wird der Draht mit dem grösseren Quotienten als Schliessungsleiter vom Strome benutzt.

Hierin liegen nun die Mittel, um in einem Blitzableiter die an verschiedenen Stellen desselben etwa entstehenden elektrischen Ladungen unschädlich zu machen. Man ersieht hieraus zugleich, dass die gewöhnlichen Ansichten, vermöge welchen der Blitz nur jenen Körpern folgt, welche ihm den kürzesten Weg darbieten, um den Erdboden zu erreichen, nur für einen einzigen Fall wahr sind, im Allgemeinen aber als unrichtig bezeichnet werden müssen.

Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, dass zuweilen bei der Ausgleichung der Elektricitäten zweier ungleichartiger elektrisirter Leiter zwei Entladungsströme (und selbst noch mehr) unmittelbar auf einander folgen können. Sind nämlich die auf beiden Leitern angehäuften Ladungen von ungleicher Dichte, und es wird in Folge der ersten Entladung der Schliessungsdraht unterbrochen, so kann durch wiederholtes Anbringen eines Schliessungsleiters eine zweite Entladung entstehen. Dasselbe kann auch eintreten, wenn einer von beiden Leitern oder beide nach der ersten Entladung durch dieselbe Elektricitätsquelle, die sie vorher elektrisirte, wieder von Neuem eine Ladung erhalten (Ladungsapparate, Leydener Flasche). Geschieht aber die Entladung in Folge der Ausgleichung der Influenzelektricitäten, so kann selbst der Fall eintreten, dass zwei elektrische Ströme (oder selbst mehrere) an verschiedenen Stellen gleichzeitig entstehen.

Das Schema in *Fig. 5* stelle in A eine mit positiver Elektricität geladene Kugel dar, in ihrer Nähe befinden sich die beiden Leiter BCD und $B_1C_1D_1$, die beide mit dem Erdboden in gut leitender Verbindung stehen. Durch die influencirende Einwirkung von A wird jeder der beiden Leiter negativ geladen, wenn dieselben unter nahe gleichen Umständen angeordnet sind; sind daher die Enden B und B_1 der Kugel A nahe genug, so wird sowohl gegen B als auch gegen B_1 eine Entladung von A eintreten können. — In wie ferne ein Blitzableiter solche Fälle darbieten könne, wird weiter unten in Erwähnung kommen.

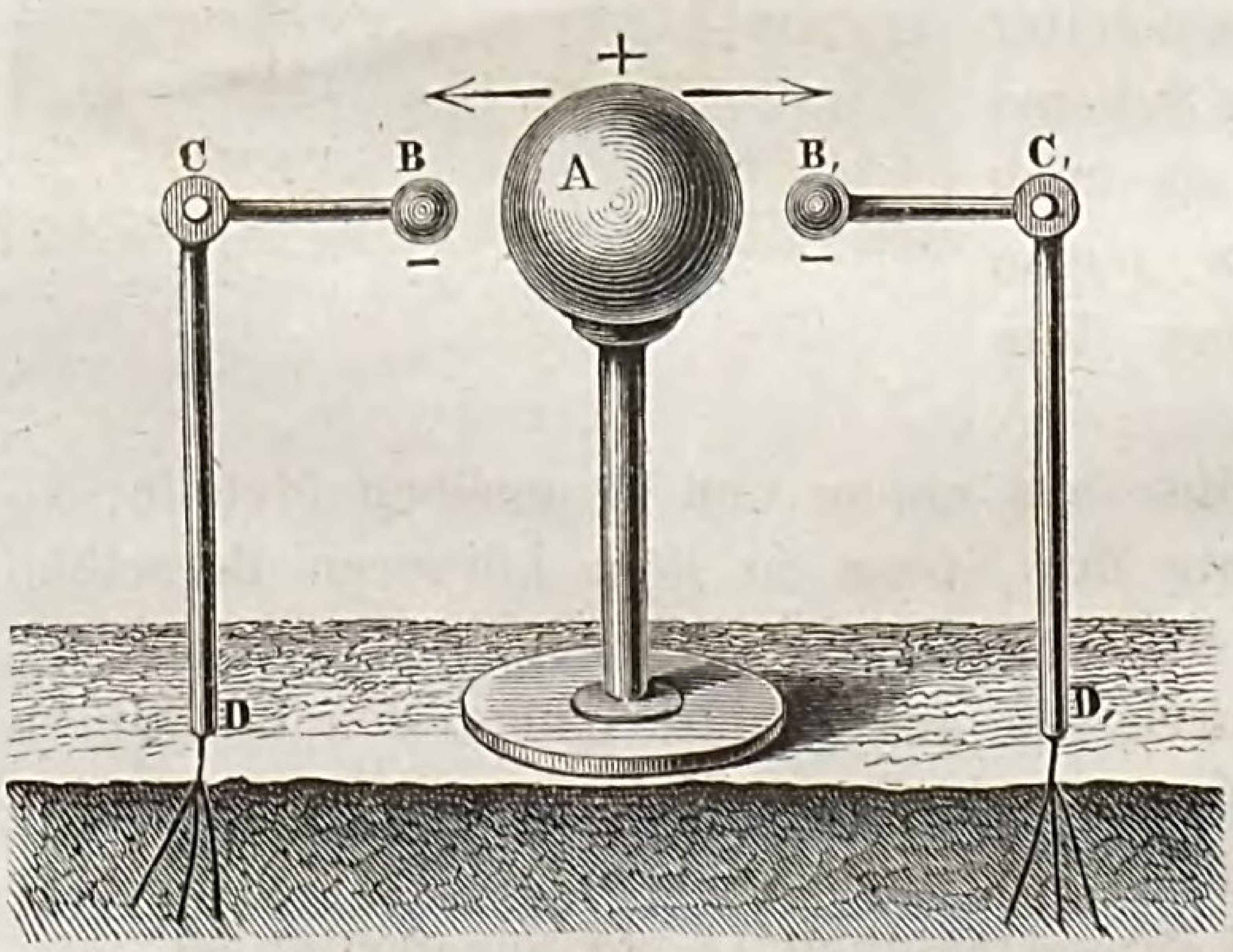


Fig. 5.

Ausserdem kann in Folge des Eintretens eines Entladungsstromes in einem benachbarten in sich zurückkehrenden Systeme von Leitern der Elektricität ein elektrischer Strom in demselben Augenblicke erzeugt werden, in welchem jener

zu Stande gekommen ist: ein Strom dieser Art wird secundärer Entladungsstrom, auch Nebenstrom genannt. Auch derartige Ströme können unter Umständen, die ihrer Entstehung günstig sind, in Folge des sogenannten Einschlagens des Blitzes in einem Blitzableiter in der Umgebung des letzteren entstehen, weshalb wir, wenn von den Wirkungen des Entladungsstromes die Rede sein wird, auf die Entstehung des Nebenstromes wieder zurückkommen werden.

§. 8. Wirkungen des Ladungsstromes im Allgemeinen.

Die Wirkungen, welche der Entladungsstrom hervorbringen kann, oder von denen er begleitet ist, wollen wir in zwei Hauptgruppen zerlegen. Zur ersten Gruppe sollen jene Wirkungen, welche in jedem einfachen Schliessungsleiter bei einer stattfindenden Entladung hervorgebracht werden, die übrigens unter verschiedenen Umständen in verschiedenen Graden auftreten können, gehören. Zu den Wirkungen der zweiten Gruppe sollen jene gehören, welche zum Vorschein kommen, wenn der Schliessungsleiter aus Körpern von sehr verschiedener Leitungsfähigkeit zusammengesetzt ist.

Die der ersten Gruppe angehörenden Wirkungen sind, wenn der Schliessungsleiter ein guter Leiter der Elektricität, ist z. B. ein Metalldraht, die folgenden:

1) Mechanische und Molecularveränderungen im Schliessungsdrahte;
2) Wärmeerscheinungen;
3) Magnetische;
4) Elektrische oder elektrodynamische Erscheinungen.

Die zweite Gruppe von Wirkungen umfasst ausser denen der ersten Gruppe, welche jedoch in stärkerem Grade auftreten, wenn sie in einem Schliessungsbogen zu Stande kommen sollen, der aus Körpern von verschiedener Leitungsfähigkeit zusammengesetzt ist, noch

5) Lichterscheinungen;
6) Chemische Wirkungen;
7) Physiologische Erscheinungen.

§. 9. Einrichtung der gewöhnlichen Ladungsapparate.

Diese sämmtlichen Wirkungen kann man mit Hülfe des Entladungsstromes der Conductoren einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine nur in geringem Grade hervorbringen; der Hergang derselben und die Bedingungen, unter welchen sie entstehen, wurden daher mittelst der Entladungsströme der sogenannten Ladungs- und Ansammlungsapparate näher untersucht.

Zu den Ladungsapparaten, welche die Erscheinungen der genannten Art am kräftigsten zu Stande bringen, gehört insbesondere die einfache Leydener Flasche und die aus solchen Flaschen zusammengesetzte Leydener Batterie. In *Fig. 6* (Seite 18) findet man eine von Riess angegebene Construction einer Leydener Batterie dargestellt, die aus vier Flaschen zusammengesetzt ist. Jede dieser cylindrischen Glasflaschen ist sowohl von Innen, als auch von Aussen mit Zinnfolie bis etwa $^3/_4$ ihrer Höhe belegt, und die oben unbelegt bleibende Glaszone ist mit Siegellack- oder Schellackfirniss bestrichen. Durch die Mitte

des Holzdeckels, mit dem jede Flasche bedeckt ist, geht ein starker Messingdraht bis zum Boden der Flasche, und sein äusseres Ende ist mit einer Messingkugel versehen. Die vier Flaschen stehen auf dem Boden eines durch vier Glasfüsse isolirten Gestelles, der mit Stanniol belegt ist, während die Knöpfe (Kugeln), in welchen die innern Belege endigen, durchbohrt, und mittelst durchgesteckter Messingstäbe verbunden sind. Von A aus geht ein Draht, der die Flaschen mit der Elektricitätsquelle, z. B. mit dem positiven Conductor einer Elektrisirmaschine verbindet; von B geht ein zweiter Draht aus, der mit dem in C eingeklemmten, mit einem nicht isolirten Leiter von möglichst grosser Oberfläche in Verbindung stehenden, leitend verbunden werden kann, wenn die Batterie mit Elektricität geladen ist. Wird dem Knopfe A positive Elektricität zugeführt, so werden die inneren Belege der sämmtlichen Flaschen mit positiver, und in Folge der Influenz dieser Belege auf die äusseren, werden diese mit negativer Elektricität geladen werden können. Stellt man also die eben erwähnte leitende Verbindung zwischen C und B durch einen Metalldraht her, so erfolgt der Entladungsstrom in diesem Drahte.

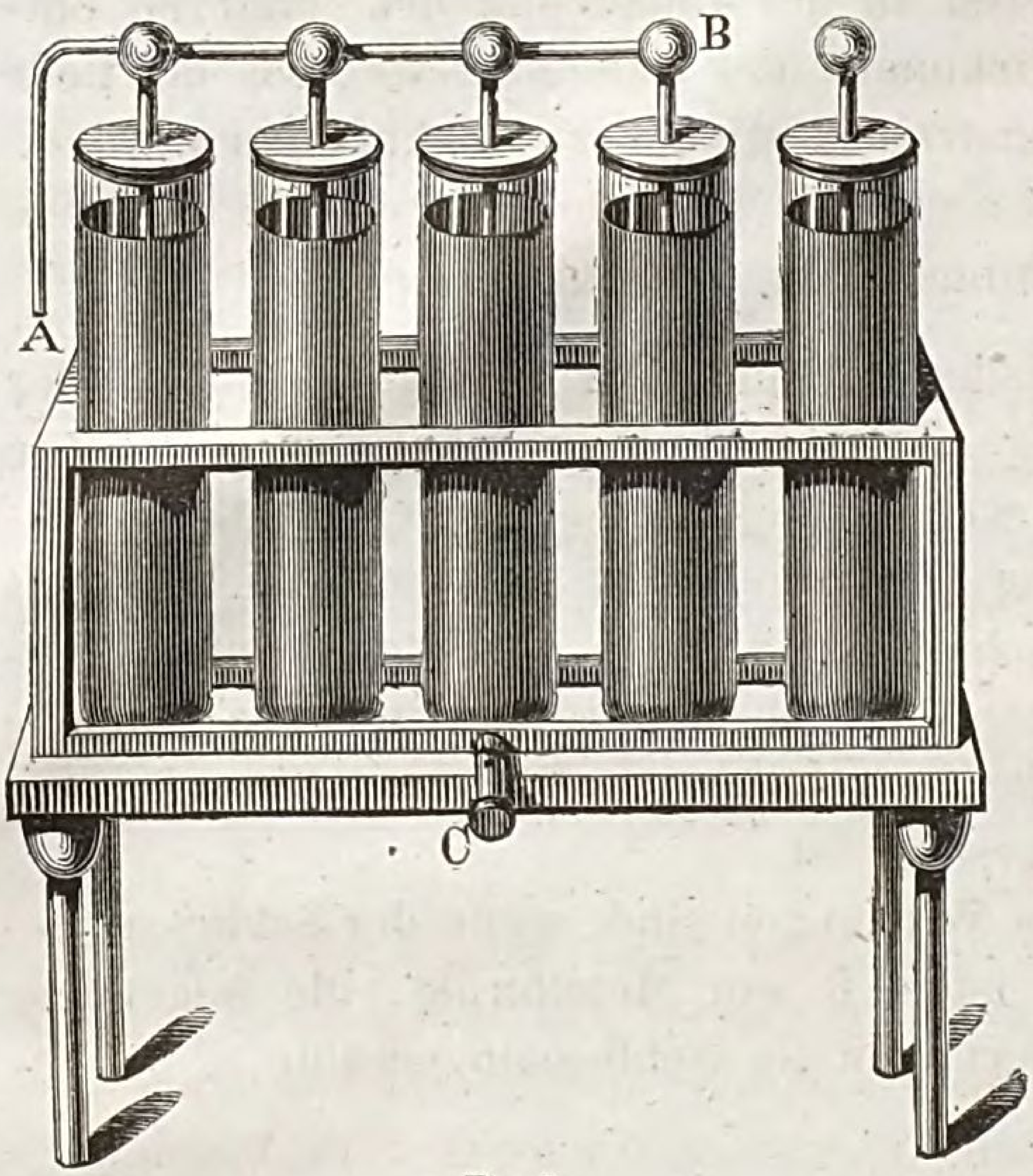


Fig. 6.

Durch schickliche Anordnungen kann man den Schliessungsleiter in verschiedener Weise zusammensetzen, so dass dieser aus mehreren Leitern, die in dem Bogen eingeschaltet sind, besteht. Eine solche Anordnung findet man in *Fig. 6 a*

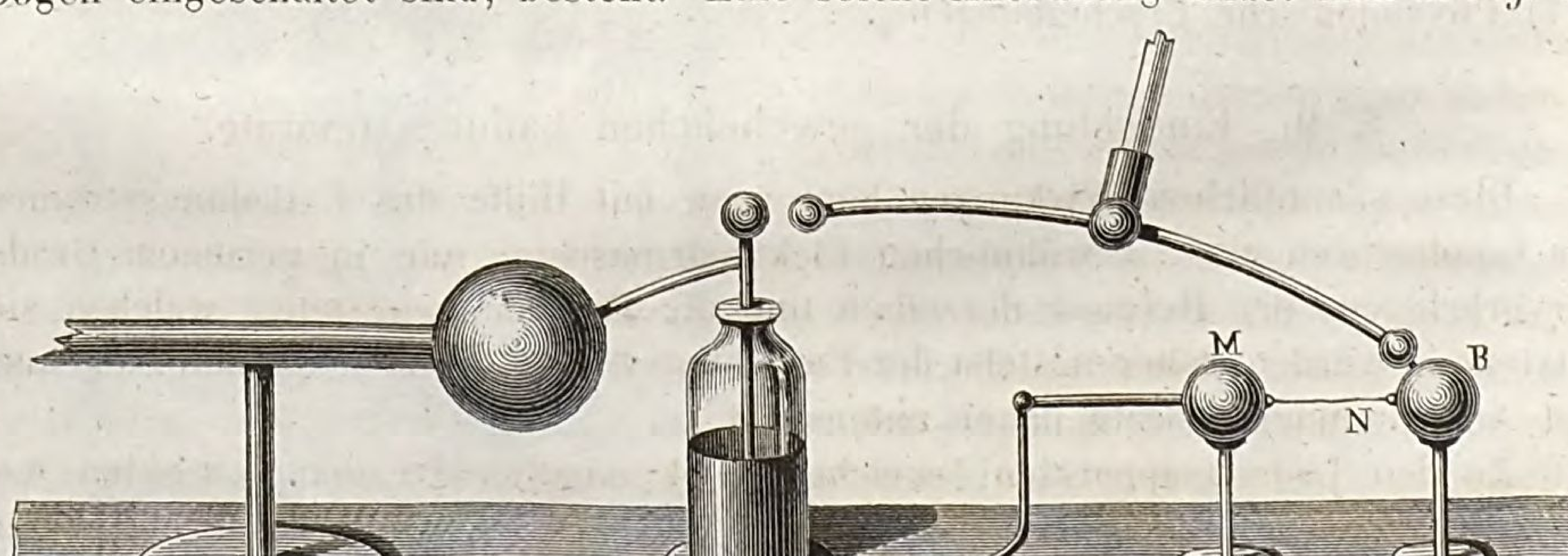


Fig. 6 a.

in einem Schema angedeutet, wo MN und B Leiter bedeuten, die sämmtlich zum Schliessungsbogen oder zur Kette gehören.

Wird dieser Schliessungsbogen vor dem Laden der Batterie hergestellt, so kann keine wahrnehmbare Ladung der Batterie zu Stande kommen, wenn zum Schliessen ein guter Leiter der Elektricität benutzt wird.

Um bei den folgenden Besprechungen eine bestimmte Anordnung ins Auge fassen zu können, wenn von den Wirkungen des Entladungsstromes die Rede ist, so wollen wir annehmen, dass wenn nicht eine andere Anordnung hiefür angegeben wird, die Entladungsströme durch die Leydener Batterie in der eben angedeuteten Weise erzeugt werden.

§. 10. Mechanische Wirkungen des Entladungsstromes.

Was nun die mechanischen Wirkungen im einfachen Schliessungsdrahte betrifft, so bestehen diese nach den bis jetzt bekannt gewordenen Erfahrungen in einer dauernden Verkürzung des Drahtes, wenn in diesem wiederholt Entladungen erfolgen. Dass hiebei der Draht in seiner molecularen Beschaffenheit abgeändert wird, mag hieraus geschlossen werden dürfen. Diese Veränderungen des Schliessungsdrahtes nehmen mit der Dichtigkeit der Ladung der Batterie zu, und werden in dünnen Drähten stärker, als in dickeren hervortreten. Diese Verkürzung des Schliessungsdrahtes scheint aber das erste Stadium des Erglühens desselben zu sein, die in Folge einer Menge von Einbiegungen, die er dabei erfährt, besteht [9]. Es ist zwar durch Versuche noch nicht bestimmt nachgewiesen, dass der elektrische Entladungsstrom eine bleibende Aenderung in der Elasticität und Cohäsion des Schliessungsdrahtes hervorzubringen vermag, aber bei einzelnen Drahtsorten hat sich dieses Factum, wenn dieselben als Leiter benutzt wurden, in der Praxis bestätigt. Es ist diess besonders vom Messingdrahte der Fall, der wie bekannt für Blitzableiter noch häufig verwendet wird.

Besteht aber der Schliessungsbogen aus Körpern von verschiedener Leitungsfähigkeit, so können die mechanischen Wirkungen des Entladungsstromes, wenn dieser zu Stande kommen kann, sehr gewaltige sein.

Diese Wirkungen hängen aber von den physikalischen Eigenschaften der Körper selbst ab, in welchen die Entladung vor sich geht. Luftförmige Körper werden an den Stellen, wo sie die Leitung unterbrechen, mit Heftigkeit nach allen Seiten hin bewegt. Diese Bewegung hat man durch den Druck einer eingeschlossenen Luftmasse auf eine Wassersäule bei künstlichen Ladungsapparaten zu messen gesucht. Die sehr regelmässige Zerstreuung von Pulvern in Folge der Bewegung einer Luftmasse, die den Schliessungsleiter unterbricht, ist schon von Abria und Lichtenberg beobachtet worden. Der bei Entladungen durch Luftschichten entstehende Knall ist wohl ebenfalls zum Theile dem plötzlichen Ausweichen der Luftmasse an einer Stelle und dem gleich darauf folgenden Eindringen anderer Luftmassen in den hierdurch erzeugten verdünnten Raum zuzuschreiben. — Befinden sich wasserförmige Strecken an der Stelle eines unterbrochenen Leiters, so erleiden diese in Folge der Entladung einen Druck, der von der Stärke der zur Vernichtung gekommenen Elektricitätsmengen abhängig ist, und selbst bei nicht zu starken Entladungen so gross werden kann, dass durch ihn die Gefässwände, in welchen die Flüssigkeit eingeschlossen wird, zerrissen werden können. Aehnliche Wirkungen zeigen sich an festen Isolatoren,

welche in die Leitung an irgend einer Stelle eingeschaltet sich befinden. Das Durchbohren von Holz, Papierschichten, Glas u. s. w., wenn Stücke derselben im Schliessungsbogen einer Leydener Batterie sich befinden, das heftige Auseinanderstreuen von Pulvermassen etc. sind bekannte Erscheinungen. Da aber solche mechanische Wirkungen nur dann zu Stande kommen können, wenn der Entladungsstrom ein sehr kräftiger ist, so müssen dieselben unter Anwendung von bedeutend grossen Ladungsapparaten noch in weit heftigerem Grade zum Vorschein kommen. Die Teylerische Stiftung zu Harlem hat bekanntlich die grösste bis jetzt construirte und auf das Sorgfältigste ausgestattete Elektrisirmaschine mit 2 Scheiben, jede zu 65 engl. Zoll Durchmesser, und ausserdem die grösste elektrische Batterie, aus 9 einzelnen Batterien bestehend, wovon jede aus 15 Flaschen zusammengesetzt war, die zusammen eine wirksame Oberfläche von 225 Quadratfuss hatte. Den stärksten Schlag dieser Batterie schätzte van Marum auf 10040 Pfund, indem es ihm gelang, einen Buchsbaumcylinder von 4 Zoll Durchmesser und ebenso viel Länge seiner ganzen Länge nach dadurch zu spalten, und also den Zusammenhang von 16 Quadratzoll aufzuheben, der auf jeden Quadratzoll seinen Versuchen zufolge 615 Pfund betrug.

Da nun die Identität der Blitzschläge mit denen der Entladungsströme der Ladungsapparate ausser Zweifel gestellt worden ist, und später nur gezeigt werden muss, wie denn überhaupt solche Entladungsströme beim sogenannten Einschlagen des Blitzes zum Vorschein kommen können, so können wir uns von der bedeutenden Menge der Elektricität, welche bei Blitzschlägen aufzutreten vermag, eine beiläufige Vorstellung machen, wenn wir einige Beispiel solcher Wirkungen betrachten.

„Im Herbste des Jahres 1778 schlug der Blitz in das Haus des Ingenieurs Caselli in Alexandrien. Er richtete nur in den Scheiben eines Fensters bemerkbaren Schaden an. Diese Scheiben wurden mit ein, zwei oder drei Löchern von ungefähr 2 Linien Durchmesser durchbohrt. Kleine sehr kurze Risse gingen sternförmig von jedem Loche aus; aber keine der Glasscheiben war von einem Rande bis zum anderen gesprungen.“

„Im Jahre 1777 traf der Blitz den Thurm der Pfarrkirche zum heiligen Grabe in Cremona, zerschmetterte das eiserne Kreuz, welches auf seiner Spitze stand, und schleuderte die kupferne Fahne weit fort, welche verzinnt und mit einer Oelfarbenschicht überstrichen war, und sich unmittelbar unterhalb des Kreuzes drehte. — Die Fahne war von 18 Löchern durchbohrt. Die Ränder von neun unter diesen Löchern waren nach der einen Fläche der Fahne hin, die Ränder der neun anderen dagegen nach der entgegengesetzten Fläche hin stark aufgebogen“ [10].

Hemmer erzählt unter Anderem [11], dass nach einem Berichte von Ingenhouss der $432\frac{1}{2}$ Fuss hohe Stephansthurm zu Wien seit seiner Errichtung, nämlich seit 400 Jahren, jährlich vom Blitze getroffen worden sei, und dass dabei eine Menge Steine gespalten und zertrümmert worden sind. Alle diese Schläge erfolgten im obern Theile des Thurmes, „wo die Metalle unterbrochen sind“, während der untere Theil, der über die Hälfte der ganzen Thurmhöhe ausmacht, und mit zusammenhängenden Metallen von Oben bis Unten auf den Erdboden versehen ist, niemals die geringsten Beschädigungen erlitten habe.

Ein Blitzschlag, der im Jahre 1809 auf dem Schlosse des Grafen Seefeld zu Seefeld am Ammersee in Bayern erfolgte, schlug die kupferne kegelförmige Spitze auf der Auffangsstange des Blitzableiters bei der Schraube ab, und schleuderte sie gegen 200 Schritt hinweg, „theilte sich vom Auffallspunkte an in drei Aeste, deren einer den über die Firste des Schlosses gezogenen Ableitungsdraht verfolgend denselben in mehrere Trümmer zerschlug, während der zweite sich den Weg durch das Innere des Thurmes bahnte, und ein Gewölbe durchbohrte, um zu einem in einer Küche befindlichen, in einem marmornen Bassin ein- und auslaufenden Wasser zu gelangen, der dritte endlich dem geraden Zuge an der Ableitung herab senkrecht nachging, und nicht nur das messingene Drahtseil in eine unzählbare Menge grösserer oder kleinerer Stücke zerschlug, welche zum Theil bis auf 600 Schritt geschleudert wurden, sondern auch deren äussere Fläche verkalkte und einen Theil dieses Metallkalks mit solcher Gewalt gegen die Thurmwand stiebte, oder vielmehr einbrannte, dass man noch gegenwärtig (im Jahre 1824) häufige Spuren davon gewahr wird“ [12].

In einem anderen Fall hat Yelin eine gewaltsame Zerreissung des ganzen Blitzableiters, so wie der einzelnen Drähte gefunden, ohne dass eine Schmelzung dabei wahrgenommen werden konnte [13].

Die stärkste mechanische Wirkung, erzählt Pfaff [14], zeigte der Wetterstrahl in einem Hause unweit Manchester, indem er am 6. August 1809 eine Mauer zwischen einem Keller und einer Cisterne, 3 engl. Fuss dick und 12 Fuss hoch, so verschob, dass der weggeschobene Theil an einer Seite 4 Fuss, an der anderen 9 Fuss abstand, wobei die hölzernen Verbindungsstücke zerbrochen wurden. Der bewegte Theil enthielt 7000 Backsteine und wog 52000 Pfund.

Die mechanischen Wirkungen treten bei Entladungsströmen in den seltensten Fällen allein auf; in der Regel kommen thermische, selbst Licht- und oft auch chemische Wirkungen mit den mechanischen gleichzeitig vor, so dass es in vielen Fällen schwer zu entscheiden sein mag, welche Wirkungen auf mechanischem Wege allein, und welche durch gleichzeitig stattgehabten thermischen Einfluss entstanden sind.

§. 11. Wärmewirkungen des Entladungsstromes.

Die thermischen Wirkungen des Entladungsstromes einer elektrischen Batterie beschränken sich bei dem einfachen Schliessungsleiter entweder auf ein blosses Erwärmen, oder, wenn die Umstände hiefür günstig sind, auf das Schmelzen desselben an einzelnen Strecken oder seiner ganzen Länge nach. Die Umstände, von welchen der Erwärmungsgrad des Schliessungsleiters einer elektrischen Batterie abhängig ist, werden später aufgezählt werden; es wird jedoch nicht überflüssig sein, schon jetzt zu bemerken, dass mit der Stärke der Elektricitätsmenge, die den Schliessungsleiter beim Entladen durchfliessen muss, und mit seinem Leitungswiderstande der Erwärmungsgrad desselben zunimmt.

So kann ein sehr dünner und kurzer Eisendraht durch den Entladungsstrom einer elektrischen Batterie abgeschmolzen werden. Van Marum konnte mit seiner Riesenbatterie bleierne und zinnerne Drähte von 9 bis 10 Fuss Länge, wenn deren Dicke $^1/_{32}$ Zoll war, vollkommen schmelzen u. s. w. — Ist aber der

Schliessungsleiter aus ungleichartigen Leitern zusammengesetzt, und befinden sich in ihm zugleich Unterbrechungen an einzelnen Stellen, so können die Wirkungen einen bedeutend hohen Grad erreichen, wenn der Entladungsstrom wirklich zu Stande kömmt.

So kann man durch einen schwachen Entladungsstrom sehr leicht Glasscheiben zersprengen, wenn diese mit einem metallenen Schliessungsleiter von geringer Leitungsfähigkeit theilweise belegt und in den Schliessungsbogen eingeschaltet werden. Besteht der Schliessungsleiter aus einer leicht schmelzenden und zerstäubbaren Masse, so wird diese dabei in das Glas eingeschmolzen. Das Zersprengen von Glasröhren durch die Entladung einer Batterie, die in die Kette in passender Weise eingeschaltet und mit Wasser gefüllt sind, ist eine bekannte Thatsache. Man hat sogar durch wiederholte Entladungen einer Batterie von 50 Quadratfuss wirksamer Oberfläche Röhren von verschiedenen Metallen, selbst von Stahl, Bronze und Kupfer, von einer Dicke der Wände von mehreren Linien, die im Lichten von einigen Linien bis anderthalb Zoll variirten, dadurch zerrissen, dass man sie mit Wasser füllte, und durch einen sehr dünnen Bleidraht, der an einer Nadel aufgehängt war, die Explosion gehen liess, wodurch der Draht nicht blos geschmolzen, sondern in Dampf verwandelt wurde, der durch augenblickliche Zusammendrückung des Wassers jene Gewalt auf die Wände ausgeübt haben soll [15].

Die Wärmewirkungen der künstlichen Ladungsapparate bleiben aber gegen die der Blitzschläge, wenn solche in mangelhaften Blitzableitern oder an Gebäuden u. s. w., denen der Franklin'sche Apparat fehlt, zu Stande kommen, weit zurück, aber die Aehnlichkeit der letzteren mit der Art und Weise, wie die ersteren auftreten, ist so entschieden, dass ein Zweifel bezüglich der elektrischen Natur der Blitzeswirkungen nicht mehr stattfinden kann. Wir wählen hier einige Beispiele, die bei Blitzschlägen beobachtet wurden, nicht deshalb, um die Möglichkeit der Wärmewirkungen dadurch nachzuweisen, sondern vielmehr, um die Umstände kennen zu lernen, unter welchen sie aufgetreten sind.

„Bei dem bekannten Blitzschlage am 30. April 1822 zu Rossstall in Bayern (in Mittelfranken) kam der Blitz, wie Yelin erzählt [13], aus einer sehr tief gesenkten, auffallend grossen Wolke senkrecht auf die Auffangstange des 156 Fuss hohen Thurmes nieder, welche mit einer einfachen, $8\frac{1}{4}$ Zoll langen, kegelförmigen, unten $\frac{5}{8}$ Zoll dicken, scharf zugespitzten und oben schlecht vergoldeten kupfernen sogenannten Einsaugspitze versehen war. Das feinste Ende dieser Spitze wurde vom Blitze geschmolzen, der übrige Theil derselben schraubenförmig gebogen. Das ganze Drahtseil des Thurmes, sowie die kupferne Spitze und ein Theil der Bodenleitung waren unmittelbar nach dem Blitzschlage so heiss, dass sie nicht berührt werden konnten, und dass die ganze Ableitung im Zustande des Glühens gewesen war, bewies die abgeschmolzene oberste Spitze des Auffängers und ein kleines, etwa 4 Zoll langes Stück des zerrissenen Drahtseiles, welches an ein grösseres Stück von 3 — 4 Fuss Länge angeschmolzen gefunden wurde."

„Franklin fand, dass ein Blitzschlag in seinem eigenen Hause in Philadelphia, im Jahre 1787, einen kegelförmigen kupfernen Metallstab von

9 Zoll Länge und viertehalb Linien Durchmesser an der Basis geschmolzen hatte" [16].

„Bei einem im Jahre 1754 an dem Glockenthurm der Stadt Newbury" in den Vereinigten Staaten von Nordamerika vorgekommenen und von Franklin untersuchten Blitzschlag wurde die aus Holzwerk construirte Spitzsäule von 67 Fuss Höhe nach allen Seiten aus einander geworfen, und ein 19 Fuss langer Eisendraht von der Dicke einer Stricknadel, welcher den Hammer der Glocke mit dem viel tiefer liegenden Räderwerk der Uhr verband, ganz in Rauch verwandelt, mit Ausnahme zweier kleinen zweizölligen Stückchen, von welchen das eine nach dem Unfalle an dem Stiele des Hammers, das andere an der Uhr sich vorfand" [16].

„Eine quadratische Eisenstange von $1/2$ Zoll Stärke soll im Jahre 1759 in einer Kapelle auf St. Martinique bis zur Dicke eines sehr dünnen Drahtes durch einen Blitzschlag verringert worden sein" [17].

„An dem Blitzableiter eines Paquetbootes wurde nach Arago's Erzählung [17] die als Ableiter dienende von der Basis der Auffangstange ausgehende Kette, die nach Art einer Messkette construirt, und deren Glieder aus Eisendrähten von 3 Linien Dicke und 17 Zoll Länge waren, auf einer Länge von 117 Fuss vollkommen geschmolzen."

„An demselben Schiffe wurde auf seiner Ueberfahrt von Amerika nach Liverpool am 19. April 1827 bei dem ersten Blitzschlage, den es erlitt, eine Bleiröhre von 3 Zoll Durchmesser und 6 Linien Dicke, die aus dem Toilettenzimmer quer durch die Seitenwand des Schiffes nach dem Meere ging, ganz geschmolzen."

Schwächere Blitzschläge können Erglühen von Metallstäben hervorbringen, wenn diese nicht dick genug sind; Arago erzählt zwei Fälle, in welchen bei dem einen eine eiserne Stange von $3\frac{3}{4}$ Zoll Breite und $1/2$ Zoll Dicke durch den Blitz rothglühend geworden sei, während bei dem anderen eine Leitung aus rundem Eisen von 6 Linien Durchmesser nicht geschmolzen wurde, und überhaupt keine Beschädigung gezeigt haben soll [17].

Blitzröhren.

Durch starke elektrische Entladungen kann nicht bloss das Erhitzen und Schmelzen von metallischen Leitern hervorgebracht werden, sondern auch die sogenannten Nichtleiter können dabei Schmelzungen erfahren. Derlei Wärmewirkungen der elektrischen Batterie hat man an Glaspulver hervorgebracht, um die Entstehung der sogenannten Blitzröhren zu erklären. Wenn der Blitz an der Stelle der Bodenleitung eines Blitzableiters oder überhaupt bei seinem Einschlagen in die Erde auf Massen trifft, die die leitende Verbindung mit den feuchteren Stellen in der Erde unterbrechen, so können dieselben geschmolzen werden, und hierdurch im Boden eigenthümliche Gebilde entstehen, welche an ausgehöhlten Stellen des Bodens sich ansetzen. Solche Blitzröhren bilden sich in sandigen, überhaupt quarzhaltigen Stellen. Die meisten Untersuchungen hierüber sind von Fiedler angestellt worden, dem man auch die genaue Beschreibung solcher Röhren, die blossgelegt und vom Boden getrennt werden konnten, zu verdanken hat [18]. Die Blitzröhren wurden in grosser Zahl von Hentzen im Jahre

1805 auf der Paderborner Haide, die Senne genannt, aufgefunden; ausserdem sind solche in grosser Zahl seit jener Zeit auch in anderen Gegenden ausgegraben worden. Man fand solche bei Drigg in Cumberland, die einen Durchmesser von 2 Zoll hatten, während andere, die in der Senne gefunden wurden, an der Oberfläche des Bodens von $\frac{1}{4}$ bis 7 Linien Oeffnung hatten, und mit zunehmender Tiefe immer enger wurden und in eine Spitze ausliefen. Ihre Dicke variirt zwischen $\frac{1}{4}$ bis 11 Linien. — Ihre Länge ist verschieden; es wurden schon derartige Röhren von 30 Fuss Länge angetroffen, jedoch können sie, da sie durch Querspalten in kleinere Stücke zerlegt werden, nur in solchen kleinen Abtheilungen ausgegraben werden. Zuweilen gehen von einer Röhre, dem Hauptstamme, in einiger Tiefe wieder zwei oder drei Aeste aus, von denen wiederum Seitenzweige bis zu 1 Fuss Länge sich ausbreiten können, welche letztere aber konisch zulaufen und sich abwärts beugen. Die Hauptröhren gehen zuweilen senkrecht, zuweilen in schiefer Lage in die Sandschichten hinab, ihre innere Wand ist glasartig und sehr hart, und alle Röhren sind mit einer Kruste angefritteter Quarzkörner umgeben. Die Farbe der inneren und äusseren Masse hängt von der Beschaffenheit der Sand- und Bodenschichten ab, auf welche die Entladung sich erstreckt hat, und ist an den Stellen, an welchen sich reiner weisser Sand befindet, ebenfalls farblos.

§. 12. Magnetische Wirkungen des Entladungsstromes.

Die Einwirkung des elektrischen Entladungsstromes auf die magnetische Kraft ist schon seit Anwendung der Compasse für die Schifffahrt an den Wirkungen der Blitzschläge erkannt worden. Die eigentlichen Untersuchungen über die magnetische Wirkung des Entladungsstromes aber begannen erst gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts, und über die Erforschung der Gesetze, nach welchen diese Vorgänge stattfinden, mag man selbst gegenwärtig noch zu keinem bestimmten Abschlusse gekommen sein.

Schon durch den Entladungsstrom einer Elektrisirmaschine kann die Ablenkung einer in dem Schliessungsleiter befindlichen und leicht beweglichen Magnetnadel bewirkt werden, wenn diese innerhalb eines Drahtgewindes, das zum Schliessungsleiter gehört, angebracht ist. Schaltet man aber in den Schliessungsleiter einer Leydener Batterie weiches Eisen oder Stäbe aus Stahl ein, so wird bei stattfindender Entladung das erstere vorübergehend, die letzteren aber werden bleibend magnetisch, als ob dieselben nach irgend einem der bekannten Magnetisirungsverfahren behandelt worden wären. Werden statt jener Stäbe solche Stahlstäbe oder Nadeln benutzt, die schon magnetisch sind, so kann in Folge der Entladung entweder ihre magnetische Kraft verstärkt oder auch geschwächt und sogar aufgehoben werden, je nach der Richtung, die der Entladungsstrom in Beziehung auf die Lage der magnetischen Axe des Magneten nimmt. Jedoch sind hier die Umstände wohl zu beachten, unter welchen die Einwirkung des Entladungsstromes auf den Magneten stattfindet. Wird nämlich der Stahlstab nur als Schliessungsleiter benutzt, so kann die Magnetisirung oder Entmagnetisirung vielleicht durch die vom Entladungsschlage hervorgebrachte

moleculare Erschütterung des Stahlstabes erzeugt werden, und es kann sogar der Erfolg hiebei auch ganz ausbleiben.

Das Zustandekommen bestimmter magnetischer Wirkungen bedingt, dass der zu magnetisirende Stahlstab innerhalb eines gegen seine Axe senkrecht gerichteten Drahtgewindes, von welchem er isolirt ist, sich befinde, und dass sodann dem Entstehen des Entladungsstromes kein grosser Widerstand entgegentrete.

Die erstere Bedingung wurde bei den Versuchen dadurch erfüllt, dass man den Stahlstab innerhalb eines Glasrohres anbrachte, das von den Windungen des Schliessungsleiters, diese gehörig von einander isolirt umgeben war.

Die in dem Schliessungsbogen erregte magnetische Kraft wächst mit der Dichtigkeit der Ladung der Batterie, und nimmt mit dem im Schliessungsleiter stattfindenden Widerstande ab.

Schon Franklin versuchte durch den Entladungsschlag einer elektrischen Batterie, wenn er denselben durch Stahlnadeln leitete, diese zu magnetisiren. Aehnliches gelang anderen Forschern jener Zeit, jedoch wurden die Umstände, unter welchen die Magnetisirung stattfindet, damals noch nicht erkannt. Die ersten entscheidenden Versuche hierüber scheinen von Arago und mit ihm gleichzeitig von Davy vorgenommen worden zu sein. Die ausgedehnteste Reihe von Untersuchungen, und zwar nicht bloss in Bezug auf den Hergang des Magnetisirens, sondern auch bezüglich des Einflusses der zu magnetisirenden Stahlsorte, ist von Savary angestellt worden, die später von anderen Forschern, namentlich von Hankel und Riess, unter anderen Umständen ausgeführt worden sind [19].

Was die magnetischen Wirkungen des Blitzes betrifft, so sind diese schon in früheren Zeiten bekannt gewesen. So erzählt Reimarus [20] von einem Blitzschlage, der im Jahre 1731 ein Haus in Wakefield traf, wo er durch ein Zimmer sich verbreitete, in welchem die in einem grossen hölzernen Kasten befindlichen Messer und Gabeln nach dem Einschlagen die Fähigkeit erhielten, „grosse Nägel, Packnadeln und anderes Eisen von grossem Gewichte“ anzuziehen.

Auf der Fahrt zweier englischen Kriegsschiffe um das Jahr 1675 von London nach Barbados traf auf der Höhe der Bermuden der Blitz den Mast des einen Schiffes, zerschmetterte ihn und zerriss die Segel. Bald darauf nahm der Capitän des zweiten Schiffes wahr, dass jenes umkehren und London zusegeln wollte. Das Missverständniss wurde dadurch aufgehellt, dass der Capitän des ersten Schiffes den Anzeigen seines Compasses noch folgen wollte, die Pole des letzteren aber durch den Blitzschlag vollständig umgekehrt waren. Aehnliche Erfahrungen wurden auch bei vielen anderen Seereisen gemacht [21], und die magnetische Wirkung des Blitzes hiebei als ebenso gefährlich erkannt, wie seine übrigen und zerstörenden Wirkungen.

Seit der Zeit, in welcher auf grössere Distanzen telegraphische Leitungen geführt werden, hat man nicht bloss ähnliche unangenehme Erfahrungen bezüglich der Einwirkung auf die Indicatoren der Telegraphenapparate, wie die eben erwähnten zu machen Gelegenheit gehabt, sondern es wurde ohne Beachtung geeigneter Vorsicht nicht einmal für rathsam gefunden, während der Jahreszeiten, in welchen die Gewitter am häufigsten auftreten, die Drähte auszuspannen, und

noch viel weniger eine Benutzung des Telegraphen vorzunehmen, wenn derselbe nicht mit einem geeigneten Blitzableiter versehen worden ist (Näheres hierüber siehe in Kapitel III).

§. 13. Lichterscheinungen, die den Entladungsstrom begleiten.

Der Entladungsstrom ist nur dann von Lichterscheinungen begleitet, wenn der Stromleiter eine oder mehrere Unterbrechungsstellen hat. Uebrigens können solche auch eintreten, wenn er in einem Schliessungsbogen zu Stande kömmt, der aus festen und flüssigen Körpern von bedeutend verschiedener Leitungsfähigkeit zusammengesetzt ist. — Die Länge der Unterbrechungsstelle zwischen den Enden des Schliessungsbogens nennt man die Schlagweite. Diese Schlagweite kann um so grösser sein, je grösser die elektrische Dichtigkeit der zur Ausgleichung kommenden Elektricitätsmenge ist. Die Schlagweite hängt also von der Elektricitätsmenge sowohl, wie auch von der Form der Enden des Schliessungsleiters, die die Unterbrechungsstelle bilden, ab. Die innerhalb der Unterbrechungsstelle beim Entladen entstehende Lichterscheinung besteht entweder in einem starken elektrischen Funken, oder in einer Reihe von Funken, die eine Lichtlinie von Zickzackform bilden, und welche letztere nicht an allen Stellen von gleicher Stärke ist. Die Stärke des Lichtes des Entladungsfunkens hängt von denselben Umständen ab, mit welchen die im Schliessungsdrahte stattfindende Erwärmung sich ändert. Der dabei auftretende Lichtglanz hängt von der Menge der an den Unterbrechungsstellen vom Leiter losgerissenen Theilchen und dem Schmelzpunkte des Leitermateriales ab. Jede solche Entladungserscheinung bewirkt an den Stellen der Oberfläche der Leiter, an welchen die Entladung zu Stande kömmt, ein Schmelzen und Verflüchtigen der Metalltheile. Der Entladungsfunke ist, wie oben schon erwähnt wurde, stets von Schallerregungen begleitet, die um so stärker werden, je stärker der Funke ist; bei grösserer Schlagweite wird der die Entladung begleitende Knall von geringerer Intensität sein, als bei geringerer.

Es können aber auch Lichterscheinungen an einem mit Elektricität geladenen Körper eintreten, die weder von sichtbaren mechanischen Wirkungen noch von Erwärmung begleitet sind. Dieselben finden immer statt, wenn eine Stelle des geladenen Leiters eine solche Dichtigkeit der angehäuften Elektricität erreicht, dass diese ausströmen muss. Derlei Lichterscheinungen können in Form der elektrischen Büschel bei jeder Form des geladenen und isolirten Leiters oder als Spitzenwirkungen, von denen oben die Rede war, auftreten.

Aehnliche Lichterscheinungen, wie sie in unseren physikalischen Laboratorien mittelst der Elektrisirmaschinen und der Ladungsapparate, und selbst beim Streichen und Aneinanderreiben von schlechten Elektricitätsleitern u. s. w. wahrgenommen werden können, und die immer ein stärkeres oder schwächeres Geräusch, je nach den mechanischen Wirkungen, die sie begleiten, wahrnehmen lassen, kommen bei Gewittern und Blitzschlägen, und zwar auf gleiche Weise, wie jene zu Stande. Nur können diese natürlichen elektrischen Entladungen die Erscheinungen in weit höherem Grade und ausserdem unter den verschiedensten Formen darstellen.

Wir werden daher später, wenn von dem Blitze die Rede sein wird, auf diese Lichterscheinungen wieder zurückkommen.

§. 14. Elektrische Inductionserscheinungen.

Es wurden schon oben (§. 5 und §. 6) diejenigen elektrischen Wirkungen näher auseinander gesetzt, welche ein mit Elektricität geladener Körper ausüben kann, wenn ihm ein isolirter oder nicht isolirter Leiter der Elektricität genähert wird. Aehnliche Wirkungen, wie jene, die mit dem Namen „Influenzerscheinungen" bezeichnet wurden, können auch erzeugt werden, wenn in dem Augenblicke, in welchem der Entladungsstrom zu Stande kömmt, in der Nähe des Schliessungsbogens eines Ladungsapparates ein in sich zurückkehrender Leiter der Elektricität sich befindet.

Die sämmtlichen Erscheinungen dieser Art, welche auftreten, wenn ein elektrischer Entladungsstrom auf gewisse Entfernungen in anderen neutralen, aber in sich zurückkehrenden Leitern ähnliche Entladungsströme von geringerer oder grösserer Stärke erzeugt, nennt man elektrische Inductionserscheinungen.

Von diesen Inductionserscheinungen sind aber wohl jene zu unterscheiden, die ebenfalls in Entladungsströmen bestehen, welche letztere aber nur durch Influenz hervorgebracht werden. Ein Strom der letzteren Art kann im Allgemeinen auf zweierlei Weise zu Stande kommen. Nähert man nämlich einen isolirten Leiter (*Fig. 1*, Seite 6) einem elektrischen, so wird jener in bekannter Weise durch Influenz geladen. Sobald nun der elektrisirte Leiter entladen wird, muss nothwendig in dem influencirten ein elektrischer Strom entstehen, wenn der neutrale Zustand dieses Leiters wiederhergestellt werden soll. Dass dieser Strom auch wirklich entsteht, davon kann man sich überzeugen, wenn der influencirte Leiter an irgend einer Stelle eine Unterbrechung hat. An dieser Unterbrechungsstelle wird nämlich während des Entladens des elektrisirten Leiters ein elektrischer Funke entstehen. Ein Entladungsstrom dieser Art wird Rückschlag genannt. Der Rückschlag kann dieselben Wirkungen hervorbringen, wie der Entladungsschlag einer elektrischen Batterie oder eines Ladungsapparates überhaupt. Er kann daher in Folge der Entladung elektrischer Wolken unter sich und bei Blitzschlägen unabhängig von diesen auftreten, weshalb die Wirkungen dieser Art bei der Construction von Blitzableitern nicht ausser Acht gelassen werden dürfen.

Eine andere Klasse von Influenzerscheinungen bilden die sogenannten Seitenentladungen. Sie entstehen, wenn der Schliessungsbogen eines Entladungsstromes an irgend einer Stelle sich verzweigt, jeder solche Zweig dabei isolirt ist, und die Entstehung eines Entladungsstromes zulässt. Der Act einer solchen Seitenentladung kann durch *Fig. 7* (Seite 28) vorgestellt werden. Hier bildet an einer Leydener Flasche *A* der Draht *BC* den Schliessungsbogen der letzteren, an einer Stelle *E* von *BC* geht ein Draht gegen das isolirte Drahtstück *GH*. Wird nun die Flasche *A* entladen, so entsteht nicht bloss zwischen

CD, sondern auch zwischen *HF* ein Entladungsfunke; jedoch ist dieser schwächer wie jener. Die Schlagweite dieser Seitenentladung ist proportional der elektrischen Dichte der Batterie, und nimmt um so mehr zu, je näher die Stelle *E* dem inneren Belege der Batterie ist, während diese Seitenentladung sehr schwach ausfallen kann, wenn der Zweigdraht sehr weit von der Unterbrechungsstelle des Bogens *BCD* sich befindet. Ausserdem hängt die Stärke dieser Seitenentladung von der Länge des Drahtes *GH*, von der Länge und Beschaffenheit des Stückes *FE* und von dem Schliessungsleiter *BC* ab, und es mag genügen, diess hier erwähnt zu haben, während die Aufführung der Gesetze, nach welchen die Seitenentladung vor sich geht, an dieser Stelle unterbleiben muss.

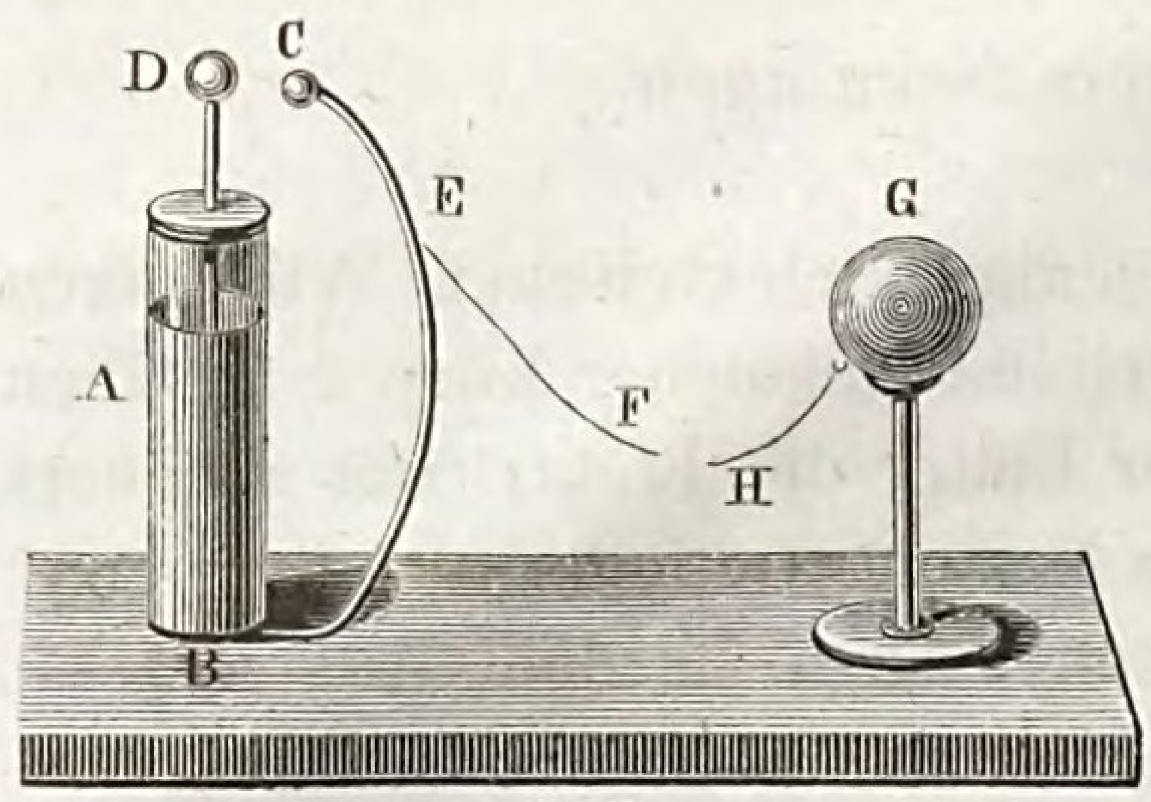


Fig. 7.

Es bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung, dass bei fehlerhaften Blitzableitern solche Seitenentladungen auftreten können, und wir werden daher bei den geeigneten Gelegenheiten diesen Gegenstand wieder zur Sprache bringen, um zu zeigen, unter welchen Umständen überhaupt Entladungsströme, die nur durch Influenz hervorgebracht werden, in der Umgebung eines Blitzableiters zum Vorschein kommen können.

Ganz verschieden von dem Rückschlage, sowie von den Seitenströmen aber ist die Entstehungsweise der Nebenströme, die auch inducirte Ströme genannt werden. Jeder elektrische Entladungsstrom bewirkt in einem in sich zurückkehrenden, und von dem Schliessungsleiter jenes Stromes durch isolirende Körper getrennten Leiter einen elektrischen Strom, dessen Richtung von jener des primitiven Stromes abhängig ist, dessen Intensität aber von der Stärke des primitiven, von der Beschaffenheit, Anordnung, der gegenseitigen Lage der beiden Schliessungsleiter und den Dimensionen derselben abhängt. Dieser Nebenstrom kann dieselben Wirkungen, wie der Hauptstrom, durch den er erregt wird, hervorbringen, und kann daher nicht bloss die Entstehungsquelle anderer Nebenströme sein, sondern auch auf den Hauptstrom wieder zurückwirken, und die Intensität desselben wesentlich abändern.

Die Bedingungen, unter welchen ein Nebenstrom durch Einwirkung eines elektrischen Stromes entstehen kann, lassen sich aus dem in *Fig. 8* angegebenen Schema, worin *abcd* den Haupt-, *egf* den Nebendraht bedeutet, erkennen; der Nebenstrom tritt aber stärker und deutlicher auf, wenn sowohl die Haupt- als auch die Nebenleitung durch einen spiralförmigen Draht geschlossen wird, deren Windungen von einander genügend isolirt sind.

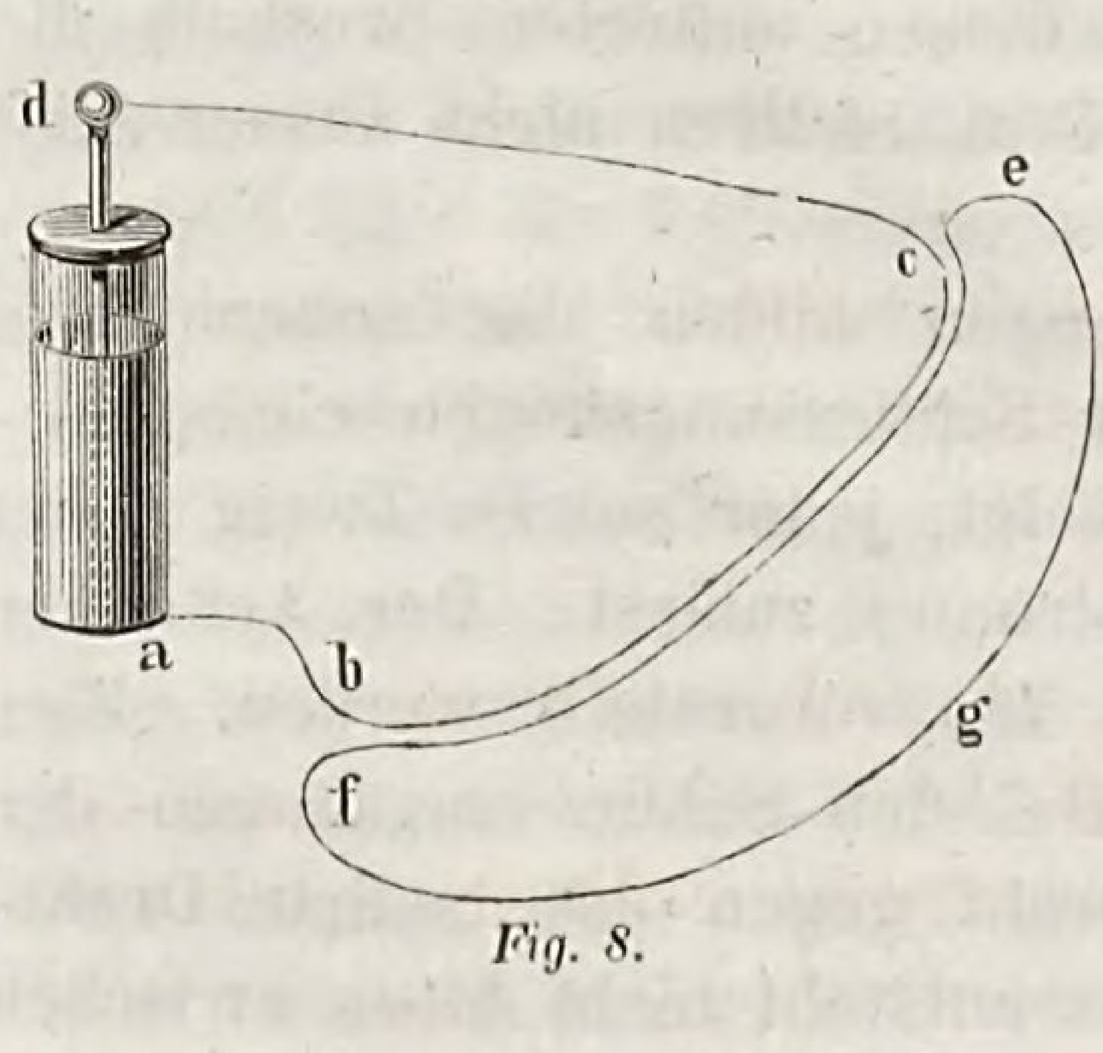


Fig. 8.

Was die Stärke des Nebenstromes betrifft, so ist dieselbe, wie oben schon erwähnt, von der Ladung der Batterie, die den Hauptstrom liefert, sowie von anderen Umständen abhängig. Diese Umstände betreffen insbesondere die Längen

der Schliessungsleiter, ihre gegenseitige Lage und Entfernung, die Dicke und Beschaffenheit derselben u. s. w.

Die Stärke des Nebenstromes wird um so grösser, je grösser die Länge der zu einander parallel gelegten Schliessungsleiter des Haupt- und Nebenstromes sind; bei nicht parallelen Lagen der letzteren nimmt die Stärke des Nebenstromes ab; die letztere wird desto stärker, je näher der inducirende Draht dem Inductionsleiter ist, ferner ist unter sonst gleichen Umständen die Intensität des Nebenstromes in einem dünneren Leiter grösser, als in einem dickeren.

Das Nähere der Untersuchungen, welche zur Erforschung der Gesetze der Entladungsströme geführt haben, hier weiter auszuführen, kann nicht unsere Absicht sein, weshalb wir hierüber sowohl, wie auch über alles dasjenige, was sich auf die Umstände bezieht, durch welche die Haupt- und Nebenströme besondere Aenderungen in ihrer Stärke erfahren können, und auf jene, unter welchen ausser dem Nebenstrome noch andere Ströme höherer Ordnung erzeugt werden können, die in ihrem Verhalten ähnliche Eigenschaften besitzen wie der secundäre, auf diejenigen Abhandlungen und Werke verweisen müssen, die die Ausführung dieser Untersuchungen in vollständiger Weise enthalten [22].

Welche Anwendung die Elektroinduction für unseren vorliegenden Gegenstand, nämlich für die Anlegung der Blitzableiter, für die nachtheiligen Wirkungen fehlerhafter oder für die schädlichen Wirkungen tadelloser Franklin'scher Apparate haben kann, mag bei einer anderen Stelle zur Erwähnung kommen; aber es möchte nicht überflüssig sein zu bemerken, dass häufig schon Beschädigungen durch den Blitz vorgekommen sind, wobei der Blitzableiter selbst in keiner Weise als nachtheilig wirkend zu erkennen war, und bei welchen man sich die Entstehung des Entladungsstromes gar nicht zu erklären vermochte. Wenn man nun bedenkt, dass ein System von guten bis zu einer gewissen Schlagweite in sich zurückkehrenden Leitern in der Nähe eines Blitzableiters, der vom Blitze getroffen wird, einen selbstständigen Entladungsstrom neben dem eigentlichen Entladungsschlage zu erzeugen vermag, und dass also selbst eine Metallplatte, eine Menge an einander gehäufter Metallmassen die Entstehung eines Entladungsstromes veranlassen können, so möchte man die Elektroinduction und deren Gesetze für die Theorie der Blitzableiter als ebenso wichtig betrachten, als die Theorie der elektrischen Influenz. Wenn die Entstehung der Nebenströme bei Blitzschlägen, oder letztere durch Nebenströme bis jetzt für die Theorie der Blitzableiter unberücksichtigt geblieben ist, so mag diess nicht daher rühren, weil man die Einwirkung solcher Nebenströme in Abrede stellen will, sondern lediglich darin seinen Grund haben, dass die Untersuchungen über diese Gegenstände der neuesten Zeit angehören, und selbst bis zum heutigen Tage noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden können.

§. 15. Chemische Wirkungen.

Zu den merkwürdigsten Erscheinungen, die der Entladungsstrom zu erzeugen vermag, gehören die chemischen Wirkungen.

Der elektrische Entladungsstrom kann die chemische Verbindung von Stoffen bewirken, die solche Verbindungen unter einander eingehen, und im Schliessungs-

leiter sich während der stattfindenden Entladungen befinden. Zuweilen ist die durch die Entladung im Schliessungsleiter bewirkte stärkere oder geringere Erwärmung dabei im Spiele, zuweilen bringt aber die Einwirkung der Elektricität Veränderungen in der Natur der Körper hervor, für welche der Einfluss der Erwärmung nicht hinreichend wäre. Die Herstellung von Sauerstoffverbindungen durch elektrische Einwirkungen ist eine schon längst bekannte Thatsache.

So werden Metalle, die als Schliessungsleiter des Entladungsstromes dienen, und zwar edle, wie unedle, wie sie in Form von Drähten oder dünnen Streifen benutzt werden, bei heftigen Entladungen in Metalloxyde verwandelt. Auf polirten Metallplatten bilden sich, wenn man auf diese viele elektrische Entladungsfunken überschlagen lässt, farbige Ringe, welche die Oberflächenänderung der Platten in Folge der elektrischen Entladungen erkennen lassen.

Selbst luftförmige Körper können chemische Verbindungen in Folge der elektrischen Einwirkungen unter einander eingehen. Das Entzünden eines Knallgasgemisches durch einen sehr schwachen, elektrischen Funken, und die hiedurch erfolgende Wasserbildung wird für eudiometrische Untersuchungen mit grossem Nutzen angewendet. — Wiederholte elektrische Entladungen können sogar die in der atmosphärischen Luft enthaltenen wesentlichen Bestandtheile, Sauerstoff und Stickstoff, die sonst unter allen Umständen indifferent gegen einander sich verhalten, mit einander vereinigen und so die Bildung von Salpetersäure veranlassen. Auf eine einfache Weise kann man sich hievon überzeugen, wenn man den Entladungsfunken der Elektrisirmaschine über einen mit Aetzkalilösung getränkten Streifen aus Lakmuspapier so lange leitet, bis der Streifen geröthet wird. Wird derselbe sodann getrocknet und angezündet, so verräth die mit Heftigkeit stattfindende Verbrennung desselben die Verwandlung des Kali's in Salpeter.

Dass der Blitz bei seinem Einschlagen und seinem Durchgang durch schlechte Leiter der Elektricität chemische Verbindungen zu erzeugen vermag, die beim Schmelzen von Metallen, bei Verglasung von erdigen Substanzen entstehen, wurde schon oben erwähnt.

Die Entwickelung von Salpetersäure in der Luft während der Gewitter wurde von Liebig durch seine Untersuchung von Regenwasser (zu Giessen) nachgewiesen, indem unter 77 Proben Regenwasser, die zu verschiedenen Zeiten angesammelt wurden, 17 derselben, welche während Gewitter erhalten wurden, salpetersauren Kalk und salpetersaures Ammoniak enthielten, zwei nur schwache Spuren von Salpetersäure erkennen liessen, die übrigen die Anwesenheit von Salpetersäure nicht zeigten; Marggraf und Bergmann haben in gewöhnlichem Regenwasser geringe Mengen von Salpetersäure entdeckt [23].

Die Untersuchungen von Barral, Marchand und Anderen haben gezeigt, dass in dem gewöhnlichen Regenwasser geringere oder grössere Mengen (jedoch immer nur sehr kleine Quantitäten) von salpetersauren Salzen vorkommen, die aber nicht bloss von der örtlichen Lage, sondern auch an einem und demselben Orte von der Jahreszeit abhängig sind, zu welcher der Regen fällt [24].

Die Einwirkung der Elektricität auf die umgebenden Luftschichten erzeugt während der Entladungen einen eigenthümlichen Geruch, den man nach Schönbein einem eigenen Stoffe zuzuschreiben hat, welcher Ozon genannt wird [25].

Ueber den Ozongehalt der Luft.

Das Ozon tritt sowohl bei elektrischen Entladungen in der Luft, als auch bei der durch elektrische und VOLTA'sche Ströme eintretenden Wasserzersetzung auf, und soll nach neueren Ansichten dem Sauerstoffe zuzuschreiben sein, der in ersterer in freiem Zustande sich befindet, bei der Wasserzersetzung aber entwickelt wird, und durch elektrische Einwirkungen eigenthümliche Eigenschaften annimmt, durch welche er sich vom reinen Sauerstoffe wesentlich unterscheidet. Dieselben Eigenschaften nimmt der Sauerstoff auch an, wenn man in eine lufthaltige Flasche etwas Wasser von 28 bis 30° C., und in dieses etwas Phosphor bringt. Wird durch entsprechende Bewegung der Flasche der Phosphor mit der atmosphärischen Luft in Berührung gebracht, so entsteht der sogenannte elektrische Geruch, und der Phosphor leuchtet dabei selbst an der Wasseroberfläche.

Während der Sauerstoff im freien Zustande oder in der atmosphärischen Luft bei gewöhnlicher Temperatur gegen alle einfachen Stoffe ein völlig chemisch unthätiger Körper bleibt, so erlangt er unter Einwirkung der Elektricität, des Lichtes und der Wärme, sowie durch Behandlung mit manchen Substanzen die Eigenschaft, mit einfachen und zusammengesetzten Körpern sich chemisch zu verbinden. In solchem veränderten Zustande wird er ozonisirt genannt, und soll so die Grundursache des sogenannten Ozons bilden.

In diesem ozonisirten Zustande, welcher sich durch den eigenthümlichen elektrischen Geruch kund gibt, erlangt der Sauerstoff die Fähigkeit, die Mehrzahl der Metalle bis zum Maximum zu oxydiren, z. B. das Silber und Blei in Superoxyde zu verwandeln, und auf die Mehrzahl der Materien, welche der Sauerstoffaufnahme fähig sind, oxydirende Wirkungen hervorzubringen, z. B. die schwefelige Säure in Schwefelsäure, das gelbe Blutlaugensalz in das rothe überzuführen, mit Ammoniak Wasser und salpetersaures Ammoniak zu bilden, aus Jodmetallen das Jod abzuscheiden, und deshalb befeuchtetes Jodkaliumstärkekleister-Papier augenblicklich zu bläuen, auf organische Substanzen chlorähnlich einzuwirken, d. h. sie zu bleichen, die aus faulenden oder verwesenden organischen Materien sich entwickelnden übelriechenden Gasarten zu zerstören.

Die Anwesenheit des ozonisirten Sauerstoffes in der Luft erkennt man daher auch durch eine oder die andere jener Einwirkungen, und es eignen sich ganz besonders hiefür der Jodkaliumstärkekleister oder auch eine Lösung von Guajakharz in Wasser, mit welchen Substanzen man Papierstreifen zu befeuchten, und diese im nassen Zustande der Einwirkung der Luft auszusetzen hat. Durch die in neuester Zeit angestellten Versuche wurde dargethan, dass unter gewöhnlichen Umständen die atmosphärische Luft ozonhaltig ist, und es ist daher die Beurtheilung des Ozongehaltes der Luft als Gegenstand eigener Beobachtungen bei meteorologischen Untersuchungen aufgenommen worden.

Obgleich man aus den zu verschiedenen Zeiten an einem Orte und zu gleichen Zeiten an verschiedenen Orten variabel auftretenden Ozonreactionen nicht immer auf elektrische Entladungen in der Atmosphäre, die durch die Einwirkung der Luftelektricität unter gewöhnlichen Umständen herbeigeführt werden sollen, zu schliessen berechtigt ist, so lässt sich doch nicht verkennen, dass das Ozon während der Gewitter keine geringen Einwirkungen ausüben kann,

die sowohl in der Atmosphäre, als auch an den Stellen, wo Blitzschläge statthaben, auftreten können.

Es ist nämlich bekannt, dass bei heftigen Blitzschlägen sowohl in der Atmosphäre und im Freien, als in geschlossenen Räumen ein eigenthümlich stechender, dem verbrennenden Schwefel ähnlicher Geruch sich verbreitet, mit dem nicht selten ein Rauch und Qualm, besonders in Wäldern und in Gebäuden, wo Blitzschläge stattfinden, auftritt. Die Natur dieser eigenthümlichen Erscheinung, deren Existenz durch viele Beispiele nachgewiesen wurde [26], hat man durch eine beim Auftreten des Blitzes stattfindende Schwefelbildung erklären wollen; es ist jedoch niemals gelungen, die Bildung des Schwefels direct nachweisen zu können.

Die Entdeckung des Ozons hat den Untersuchungen des elektrischen Geruches während der Gewitter und der dabei auftretenden sonstigen Erscheinungen eine ganz andere Richtung gegeben, und es möchten diese Erscheinungen aller Wahrscheinlichkeit nach mit der Ozonbildung und mit dieser nur allein zusammenhängen. Schönbein erzählt von einem Falle, in welchem durch einen Blitzschlag einige Hundert Schritt von seinem Hause zu Basel eine Kapelle getroffen wurde, wobei ein Geruch in seinem Hause und zwar in Zimmern wahrgenommen wurde, welche zur Zeit des Blitzschlages gänzlich verschlossen waren, und der sogar acht Stunden nach erfolgtem Schlage noch bemerkbar war. Da dieser Geruch in demselben Augenblicke entstand, in welchem die durch eine lange Häuserreihe von der Wohnung Schönbein's getrennte Kapelle getroffen wurde, so schliesst hieraus Schönbein, „dass, wenn der eigenthümliche Geruch, von welcher Natur derselbe auch sein mag, nur durch elektrische Thätigkeit hervorgerufen wird, und wenn es unmöglich ist anzunehmen, dass der gleiche Geruch von dem Einschlagorte aus in ihm entfernte und verschlossene Räume geführt werde, in diesen Räumen selbst elektrische Entladungen stattgefunden hätten", welche die elektrolytische Zersetzung in der Luft erfahren haben. — Die Wichtigkeit der Anstellung von Ozonbeobachtungen vor, während und nach Gewittern möchte daher aus vielen Gründen nicht in Frage gestellt werden dürfen.

Durch den elektrischen Entladungsstrom können nicht bloss solche Körper, die unter gewöhnlichen Umständen unthätig neben einander sich befinden, chemische Verbindungen unter sich eingehen, sondern es können, wie auch schon theilweise im Vorhergehenden erwähnt wurde, elektrische Entladungen auch chemische Zerlegungen bewirken. Diese Zerlegungen hat man zuerst bei dem Wasser wahrgenommen, und es scheint, dass kein flüssiger (wasser- oder luftförmiger) Körper eine Leitung des elektrischen Stromes gestattet, ohne dabei eine sogenannte elektrolytische Einwirkung zu erfahren. — Es mag genügen, diese Vorgänge hier in Erwähnung gebracht zu haben: die nähere Beschreibung derselben liegt ausser dem Bereiche unserer gegenwärtigen Aufgabe.

§. 16 Physiologische Wirkungen des Entladungsstromes.

Befindet sich im Schliessungsleiter eines Entladungsstromes ein lebender Körper, so können an oder in ihm Erscheinungen hervorgebracht werden, die entweder nur elektroskopischer Natur sind, oder auch solche erzeugt werden, die

eine stärkere oder schwächere Erregung im Organismus hervorbringen. Die Einwirkungen der letzteren Art, die zuweilen von einer theilweisen oder gänzlichen Vernichtung der organischen Thätigkeit der erregten Theile begleitet sein, zuweilen aber auch unthätige Theile des Organismus wieder in den reizbaren Zustand versetzen können, begreifen die sogenannten physiologischen Wirkungen.

Diese physiologischen Wirkungen bestehen entweder nur in einem örtlichen Schmerz, der an einer Stelle der Haut empfunden, und z. B. wahrgenommen wird, wenn man aus dem geladenen Conductor einer Elektrisirmaschine oder bei der Entladung einer Flasche aus dem einen Belege Funken zieht; oder in einer Anregung der Haut- und Sinnesnerven, die eigenthümliche Empfindungen zur Folge haben kann, oder endlich in einer elektrischen, geringeren oder stärkeren Erschütterung, die im lebenden Körper während des Durchganges des Entladungsstromes erzeugt wird, und die in stärkerem Grade auftretend nicht bloss in einem unwillkührlichen Zusammenziehen der Muskeln bestehen, sondern sogar betäubende Wirkungen auf lebende Körper ausüben kann, mit denen gleichsam eine plötzliche und momentane Erschlaffung der Gelenke und der bewusstlose Zustand beim Menschen auftritt, wenn der Schlag durch den Kopf geführt wird.

Der Hergang der physiologischen Wirkungen des elektrischen Entladungsstromes im thierischen Körper ist zu wenig bekannt, als dass sich eine Gesetzmässigkeit für die dabei stattfindenden Erscheinungen feststellen lässt; jedoch lässt sich mit Bestimmtheit angeben, dass die Wirkung wesentlich von der Leitungsfähigkeit der in der Schliessungskette befindlichen Körper abhängig ist. Entladet man z. B. eine Leydener Flasche auf gewöhnliche Weise, so hat das bei dieser Entladung eintretende Anziehen des Funkens aus dem einen Belege keinen besonderen Schmerz zur Folge, während die Erschütterung sehr heftig sein kann, wenn die Ladung der Flasche stark war. Wird aber die Entladung durch Einschaltung eines feuchten Leiters verzögert, so ist die Erschütterung nur gering, während sich hingegen an der Entladungsstelle ein starker Schmerz kund gibt, der mit einer heftigen Wärmewirkung Aehnlichkeit hat. Es scheint, dass durch die Einwirkung heftiger Entladungsschläge die von diesen getroffenen Theile thierischer Körper ganz zerstört und leblos gemacht werden. Wenigstens sprechen hiefür manche der Versuche, die hierüber bekannt geworden sind. So hat van Marum[27] mehrfache Versuche mit Aalen angestellt, die bekanntlich einen so hohen Grad von Reizbarkeit besitzen, dass sie, wenn sie durch Abschneiden des Kopfes getödtet worden, noch nach mehreren Stunden durch Stechen mit einer Nadel u. s. w. zur Bewegung angeregt werden können. Als man einen elektrischen Schlag durch die ganze Länge eines einen halben Fuss langen Aales gehen liess, wurde das Thier augenblicklich getödtet, und zeigte sodann nicht die geringste Spur einer Reizbarkeit mehr. Wenn aber der Schlag nur durch einen Theil des Körpers, z. B. durch den Kopf, oder durch den Schweif ging, so verschwand die Reizbarkeit bloss an dem getroffenen Theil des Körpers, während an allen übrigen Stellen das Thier seine Reizbarkeit beibehielt.

Die durch Blitzschläge verursachten physiologischen Einwirkungen können verschiedener Art sein. Zuweilen bestehen dieselben in mechanischen Ver-

letzungen, die gewöhnlich in deutlicher Beziehung zu den an dem getroffenen Individuum vorgefundenen Metallstücken an der Bekleidung u. dgl. stehen; zuweilen zeigen sich die Spuren des Blitzes nur an der Oberfläche in einer Unterlaufuug mit Blut, in anderen Fällen können Knochenverletzungen vorkommen; in den meisten Fällen aber kann eine partielle mehr oder minder andauernde Lähmung der Gliedmassen und sogar Störungen in der Gehirnthätigkeit eintreten [28 a], wenn Personen vom Blitze getroffen werden; gewöhnlich tritt aber ein Versengen der Haare an allen Stellen des thierischen Körpers, die er trifft, ein, wodurch sogar eine völlige Zerstörung der Haare an jenen Stellen herbeigeführt werden kann.

Auf welche Weise der Tod durch den Blitzschlag herbeigeführt wird, konnte bis jetzt nicht ermittelt werden. Man erzählt einen Fall, bei welchem der Schädel eines vom Blitze getroffenen Mannes, wie durch eine Keule zermalmt war. In anderen Fällen fand man keine merklichen Verletzungen. So zeigte bei dem unglücklichen Ereignisse vom 26. Juli 1753 zu Petersburg, bei welchem bekanntlich Prof. Richmann während seiner Versuche über Luftelektricität in seinem Versuchszimmer von einem Blitzschlage plötzlich getödtet wurde, der Körper des Getödteten nur an der Stirne einen mit Blut unterlaufenen Fleck, hie und da am Körper mehrere Brandflecken, im Innern des Körpers fanden sich keine merklichen Verletzungen vor, nur war das Blut in die Luftröhre und Lunge ausgetreten und eine Entzündung in der Gekrösdrüse und den dünnen Gedärmen wahrnehmbar; der Körper gerieth jedoch schon nach zweimal 24 Stunden in die grösste Fäulniss. Aehnliches zeigte sich in vielen anderen Fällen, wo die durch Blitzschläge Getroffenen näher untersucht wurden [28]. Die bei solchen unglücklichen Ereignissen gemachten Erfahrungen scheinen auch den Beweis zu liefern, dass nicht bloss an einer Stelle, sondern an Plätzen, die ziemlich weit von den Getroffenen sich befinden, die Einwirkung der Blitzschläge noch wahrnehmbar und zuweilen noch tödtlich werden kann.

Manche Erfahrungen scheinen dafür zu sprechen, dass der Blitz bei seiner Eintritts- und Austrittsstelle an lebenden Körpern die stärksten Wirkungen ausübe [29]. Ferner scheint die Wahrscheinlichkeit, dass manche Thiere, besonders Pferde und Hunde, leichter vom Blitze getroffen werden, aus vielen Beispielen hervorzugehen [30]; es möchte jedoch diese Erscheinung mehr der Beschaffenheit der Oberfläche des getroffenen Körpers, als einzelnen Thiergattungen selbst, die geringere oder grössere Einwirkung von elektrischen Entladungen erfahren, zuzuschreiben sein.

§. 17. Ueber die Messung der Wirkungen des Entladungsstromes.

In den vorausgegangenen Paragraphen wurden die bis jetzt bekannt gewordenen Wirkungen des elektrischen Entladungsstromes besprochen, und dabei gezeigt, wie sich für die meisten dieser Wirkungen auch analoge Fälle, die durch Erfahrung aus Blitzschlägen bekannt sind, nachweisen und aufzählen lassen. Ich sage hier für die meisten der aufgezählten Wirkungsweisen, weil es nicht möglich war, die durch Blitzladungen erzeugte Elektroinduction durch besondere Beispiele und Thatsachen nachzuweisen. Uebrigens möchten auf diese Art von

Wirkungen, die von Blitzschlägen erzeugt werden können, andere Erscheinungen, von denen oben die Rede war, schliessen lassen dürfen, und es möchten insbesondere die chemischen und physiologischen Wirkungen für einen solchen Nachweis nicht ungeeignet sein.

Die Kenntniss der Wirkungen der Entladungsströme ist nicht bloss zur Beurtheilung der Mängel schon vorhandener Blitzableiter nothwendig, sondern dieselbe ist insbesondere für die Construction und Anlegung FRANKLIN'scher Apparate, für die Art und Weise ihrer Anbringung an Gebäuden u. dgl. von nicht geringer Wichtigkeit.

Ein sorgfältig construirter und angelegter Blitzableiter soll beim Herannahen und Vorübergehen einer Gewitterwolke, überhaupt bei stattfindenden elektrischen Entladungen in der Luft u. s. w. keine der genannten Wirkungen in oder an dem Gebäude oder in der Nähe desselben, für dessen Schutz er bestimmt ist, zu Stande kommen lassen. Wiewohl eine derartige Leistung eines Blitzableiters gegenwärtig noch theilweise in Frage gestellt werden muss, so kann man doch wenigstens die Bedingung einstweilen hier stellen, dass der Blitzableiter selbst, wenn er als Schliessungsleiter einer noch so stark geladenen Batterie dienen sollte, keinerlei Aenderungen in Folge der eintretenden Entladung erfahren darf, und durch ihn die Entstehung secundärer Wirkungen nicht veranlasst werden kann. — Obgleich die Stärke der Ladung einer solchen Batterie für uns immer unbekannt bleiben wird, abgesehen davon, dass sie bald von stärkerer, bald von geringerer Grösse, und überhaupt innerhalb unbekannter Grenzen alle möglichen Grössen annehmen kann, so gibt doch, wie wir später sehen werden, die Erfahrung einige Mittel an die Hand, um, wenn auch nur mit roher Annäherung, hierauf bei der Construction der Blitzableiter Rücksicht nehmen zu können.

Es handelt sich dann unter Anderem hiebei um die Wahl der Metalle, die für Blitzableiter verwendet werden sollen. Um nun hierüber urtheilen zu können, dürften wir nur irgend eine der oben erwähnten Wirkungen benutzen, um aus ihrem Hergange und den Gesetzen, welche sie befolgt, auf das Leitungsvermögen der Metalldrähte, wenn diese als Schliessungsleiter benutzt werden, schliessen zu können.

Man ersieht aber aus den oben angestellten Betrachtungen, dass unter den genannten Wirkungen nur die Erwärmung und die magnetischen Erscheinungen geeignet sind, um auf die Stärke des in einem einfachen metallischen Schliessungsbogen stattfindenden Entladungsstromes schliessen, und Zusammenhang zwischen Stromstärke, sowie Anordnung und Beschaffenheit des Schliessungsleiters beurtheilen zu können.

Die Gesetze der Wärmewirkungen des Entladungsstromes sind in neuester Zeit in umfassender Weise untersucht und studirt worden, und wir gehen daher am sichersten, wenn wir von den bei jenen Untersuchungen aufgefundenen Resultaten hier Gebrauch machen [31].

Zur Untersuchung der Gesetze der Wärmewirkungen zeigte sich insbesondere das von RIESS verbesserte elektrische Luftthermometer von KINNERSLEY (a. a. O.) — ein dem Principe der Differential-Thermometer ähnlich eingerichtetes Instrument — als geeignet, welches die in einem dünnen Drahte, der als

Schliessungsleiter eines Entladungsstromes dient, stattfindende Erwärmung aus der Niveauveränderung der Sperrflüssigkeit in ganz bestimmter Weise beurtheilen lässt.

Diese Untersuchungen zeigten nun, dass die in einem Drahte durch Einwirkung eines Entladungsstromes statthabende Erwärmung abhängig ist:

1. von der Elektricitätsmenge und der Dichtigkeit der Ladung in der Batterie,
2. von der Länge und Dicke des Schliessungsdrahtes,
3. von der Substanz des Leiters, aus der der Draht besteht.

In Beziehung auf die Stärke der Ladung zeigten die Versuche, „dass ein continuirlicher Metalldraht von überall gleicher Dicke und Homogenität, wenn derselbe im Schliessungsbogen einer Batterie sich befindet, eine Erwärmung erfährt, die proportional ist dem Producte der angehäuften Elektricitätsmenge in die Dichtigkeit derselben.“ Nimmt man aber an, dass mit der elektrischen Dichte, welche die Oberfläche des Ladungsapparates annimmt, die Zeit, innerhalb welcher die Entladung stattfindet, im umgekehrten Verhältnisse steht, so dass also die Entladung in um so kürzerer Zeit eintritt, je grösser die am Ladungsapparate angehäufte elektrische Dichtigkeit ist, so kann man dem obigen Gesetze auch die folgende Form geben:

> „Die Temperatur-Erhöhung eines im Schliessungsbogen eines Entladungsstromes befindlichen Drahtes mit genannten Eigenschaften ist dem Quadrate der angewandten Elektricitätsmenge gerade, der Entladungsdauer aber umgekehrt proportional.“

Besteht der Schliessungsleiter aus einem und demselben Drahte von überall gleicher Dicke, so ist „die Erwärmung in demselben unter sonst gleichen Umständen der Entladungszeit umgekehrt proportional; die Entladung wird aber durch Einschaltung von homogenen Drähten um eine Zeit verzögert, die der Länge des eingeschalteten Drahtes direct, seinem Querschnitte aber umgekehrt proportional ist.“

Werden aber in einem und demselben Schliessungsbogen Drähte von gleicher Metallsorte, aber verschiedener Länge und Dicke eingeschaltet, „so hat die Länge der einzelnen Drahtstücke auf die durch den Entladungsstrom eintretende Temperaturerhöhung keinen Einfluss; hingegen nimmt die Erwärmung in demselben Verhältnisse zu, in welchem die vierten Potenzen der Drahthalbmesser dieser Drähte abnehmen.“

Aus diesen beiden Gesetzen erkennt man also, dass in einem Drahte, der als Schliessungsleiter eines starken Entladungsstromes dienen soll, die Wahrscheinlichkeit der Schmelzung dieses Drahtes um so grösser werden kann, je dünner der Draht, und je länger derselbe ist; dass hingegen unter allen Drähten aus einem und demselben Materiale, jedoch von ungleicher Länge und Dicke, die Schmelzung an den dünnsten Stellen des Schliessungsleiters am leichtesten aufzutreten vermag.

Die Erwärmung einer bestimmten Stelle im Schliessungsbogen ist aber unter sonst gleichen Umständen auch von der Natur des Stoffes, aus dem der Schliessungsbogen besteht, abhängig. Werden Drähte von vollkommen gleichen Dimensionen nach und nach als Schliessungsleiter benutzt, so nimmt die Ent-

ladungszeit der Batterie in demselben Verhältnisse zu, in welchem das sogenannte Leitungsvermögen der Stoffe, aus denen die Drähte bestehen, abnimmt. Die Zahl, welche angibt, in welchem Verhältnisse die Entladungsdauer durch Einschaltung eines Drahtes, dessen Dimensionen der Linieneinheit gleich sind, vergrössert wird, wenn man ihn statt eines sogenannten Normaldrahtes von gleichen Dimensionen in die Kette einschaltet, nannte Riess, dem wir die neuesten dieser Untersuchungen zu verdanken haben, Verzögerungskraft des Metalles, aus dem der zweite Drath besteht.

Wenn daher λ die Länge und ϱ den Halbmesser, dann x die Verzögerungskraft eines Metalldrahtes bedeutet, so wird der Verzögerungswerth V desselben:

$$V = \frac{\lambda x}{\varrho^2}$$

Das was Riess mit dem Namen Verzögerungskraft bezeichnet, wollen wir den specifischen Leitungswiderstand der Metallsorte hier nennen. Man ersieht hieraus, dass man den Leitungswiderstand eines Metalles in Drahtlängen eines bestimmten Normaldrahtes, dessen Querschnitt der Flächeneinheit gleich ist, und dessen Leitungswiderstand als normaler zu Grunde gelegt werden soll, auszudrücken im Stande ist.

Als solche Normaldrähte nimmt man entweder den Kupferdraht im reinsten Zustande, oder Silberdraht, oder auch Neusilberdraht. Da aber eine und dieselbe Drahtsorte bei verschiedenen Drahtstücken ein veränderliches Leitungsvermögen haben kann, so dürfte es zweckmässiger sein, anstatt der genannten Metalle, eine Quecksilbersäule, deren Länge und Durchmesser der Linieneinheit gleich ist, zu wählen, und hiezu Quecksilber von der grössten Reinheit zu benutzen, und dessen Leitungswiderstand bei einer bestimmten Normaltemperatur als Einheit zur Messung des Leitungswiderstandes anderer Metalle zu wählen.

„Die in verschiedenen Drähten durch die elektrische Entladung frei gewordene Erwärmung ist sohin nach den bisherigen Erörterungen dem Leitungswiderstande oder dem Verzögerungswerthe des Drahtmateriales gerade proportional.“ Je grösser also der Leitungswiderstand im Schliessungsleiter ist, desto stärker wird auch der durch den Entladungsstrom eintretende Wärmeeffect sein.

§. 18. Leitungswiderstand einiger Körper.

Ueber das Leitungsvermögen verschiedenartiger Körper sind zwar schon viele Versuche angestellt worden; jedoch möchten diese, wenn es sich darum handelt, in bestimmter Weise den Leitungswiderstand eines Körpers anzugeben, und von diesem Gebrauch zu machen, ebenso wenig ausreichend sein, als die Angabe der mittleren Dichten und specifischen Gewichte der Körper. In allen Fällen der Anwendung soll man vor dem Gebrauche eines Drahtmateriales seinen Leitungswiderstand durch eigene Versuche ermitteln. Die hiefür einzuschlagenden Wege sind in den Abschnitten für Elektricitätslehre und Galvanismus ausführlich angegeben, und wir werden später noch Gelegenheit haben, die für die Praxis geeigneten Methoden noch besonders hervorzuheben.

In dem Folgenden stellen wir einige mittlere Resultate der Versuche zusammen, welche für den Leitungswiderstand verschiedener Körper erhalten wurden.

Nimmt man den specifischen Leitungswiderstand des Kupfers gleich 1 an, so sind die Leitungswiderstände für die bis jetzt untersuchten Metalle folgende:

Silber	0,84
Kadmium	3,12
Messing	3,80
Zink	3,69
Eisen	5,65 bis 6,70
Platin	6,66
Blei	10,28
Neusilber	11,30 — 12,30
Quecksilber	49,49

Wie weit diese Zahlen als streng richtig angenommen werden dürfen, lässt sich mit Bestimmtheit nicht beurtheilen, da die Resultate, wie sie von verschiedenen Forschern gefunden wurden, für einzelne Metalle keine unbedeutenden Abweichungen zeigen.

§. 19. Abhängigkeit der Leitungsfähigkeit fester Körper von der Temperatur und Leitungswiderstand wasserförmiger Körper.

Mit zunehmender Temperatur nimmt der Leitungswiderstand (Verzögerungswerth) zu, also das Leitungsvermögen in demselben Verhältnisse ab. Eine Beziehung zwischen Leitungsvermögen und Temperatur kann bei verschiedenen Metallen aus folgender Tabelle ersehen werden [32]:

	Bei 0°	Bei 100° R.	Bei 200° R.
Für Silber	136,25	94,23	68,27
„ Kupfer	100,00	73,00	54,82
„ Gold	79,79	65,20	54,49
„ Zinn	30,84	20,44	14,78
„ Messing	29,33	24,78	21,45
„ Eisen	17,74	10,87	7,00
„ Blei	14,62	9,61	6,76
„ Platin	14,16	10,93	9,02

Man ersicht hieraus, dass die Erwärmung bei einem Metalle nicht denselben Einfluss ausübt, wie bei einem anderen. Bei noch höheren Temperaturen nimmt der Leitungswiderstand bis zu einer gewissen Grenze zu. So nimmt das Leitungsvermögen des Silbers bis zu 59 ab, wenn es bis zu 310° R. erwärmt wird, und wird daher bei dieser Temperatur seines Minimums weniger als die Hälfte des Leitungsvermögens bei 0° R.; die Leitungsfähigkeit des Eisens kann bei 279° R. bis zu 6 abnehmen, während die des Platins bei 295°,3 R. noch 8,41 sein soll.

Die Leitungsfähigkeit flüssiger Körper ist weit geringer, als die der Metalle. So beträgt, wenn der Widerstand des Silbers gleich 1 gesetzt wird, der Leitungswiderstand für:

Schwefelsäure von 1,1 Dichte	938500
„ „ „ 1,4 „	1023400
eine Kochsalzlösung, 27,6 Gramm in 500 C. C. Wasser	7157000
„ „ „ 5,325 Gramm in 500 C. C. Wasser	34110000
„ Kupfervitriollösung, wovon 100 C. C., 15,093 Gramm Salz enthalten	12058000

Für den menschlichen Körper wird als Widerstand, bezogen auf das Kupfer, die Zahl

91762

angegeben, vorausgesetzt, dass die Hand mit Schwefelsäure von $^1/_{100}$ Verdünnung benetzt ist.

Anmerkungen und Citate zu Kapitel I.

[1] Da wir dem grossen amerikanischen Forscher nicht bloss die Erfindung des Blitzableiters, sondern die meisten Entdeckungen im Gebiete der Elektricitätslehre zu verdanken haben, welche zu den grossen Fortschritten in diesem Gebiete die Bahn gebrochen haben, so möge es gestattet sein, über das Leben Franklin's und sein Wirken auf diesem Gebiete einige Hauptmomente hier hervorzuheben.

Benjamin Franklin ward geboren zu Boston in Nordamerika am 17. Januar 1706 und starb in dem hohen Alter von 84 Jahren am 17. April 1790 zu Philadelphia. Die ersten Versuche seines Vaters ihn einem Gewerbe zu widmen, misslangen, da er schon in seinen frühen Jugendjahren sich mit dem Lesen von Schriftstellern beschäftigte, die auf seine Neigung und seine künftige praktische Thätigkeit bestimmend einwirkten. Besonders sollen diess Plutarch's Biographien und die *Essai sur les projets* von de Foe gewesen sein, während auf seine geistige Jugendbildung die damals von Addison herausgegebene Zeitschrift, der Spectator, sowie Locke's *Essai sur l'entendement humaine* grosse Wirkung ausübten. Die günstige Gelegenheit, welche er zur Befriedigung seiner Leselust als Lehrling der im Besitze seines Bruders gestandenen Buchdruckerei schon von seinem zwölften Lebensjahre an fand, führten ihn bald auf die Erkenntniss seiner Gaben, und es sollen dichterische und später von 1720 an politische Schriften als erste Versuche seiner jugendlichen Thätigkeit zur Kenntniss des Publicums gekommen sein und hier grossen Anklang gefunden haben. Vom Jahre 1720 an wirkte er, zuerst als Gehülfe in der Keimer'schen Buchdruckerei zu Philadelphia, und nach einer dreijährigen Unterbrechung, während welcher Zeit er sich in England aufhielt, begann er im Jahre 1726 seine grosse segensreiche Thätigkeit zu Philadelphia, in welcher er zuerst im Besitze einer Buchdruckerei die Herausgabe von Zeitungen und dem durch 25 Jahre fortgesetzten „Poor Richard's Almanac", einem weit verbreiteten, industriellen und praktischen Zwecken überhaupt gewidmeten Kalender, vornahm, durch Gründung einer Leihbibliothek und später im Jahre 1732 einer Lesebibliothek zur Verbreitung gemeinnütziger Kenntnisse bei seinen Landsleuten viel beitrug. Durch Errichtung einer öffentlichen Feuerlöschanstalt im Jahre 1738, einige Jahre später einer Feuerassecuranz-Compagnie, im Jahre 1749 einer Universität, eines Krankenhauses im Jahre 1752 erwarb sich Franklin schon in seiner Privatthätigkeit für das allgemeine Wohl die grössten Verdienste. Das grosse Vertrauen und die Achtung, die Franklin sich bei seinen Mitbürgern sicherte, verschafften ihm zugleich auch Aemter und Würden, in welchen er seine politische Wirksamkeit auszuüben vermochte. Im Jahre 1736 wurde er Clerk (erster Secretär) der General-Assembly von Pennsylvanien, 1737 Postmeister von Philadelphia, 1747 Repräsentant von Philadelphia in der Assembly, 1753 General-Postmeister der sämmtlichen brittischen Colonien in Nordamerika, 1767 bis 1787 vertrat er die politischen Interessen der Vereinigten Staaten, zu deren Unabhängigkeit er viel beigetragen haben soll, und erst in dem hohen Alter von 82 Jahren, wo seine geistige Thätigkeit nur durch eine schmerzvolle Krankheit getrübt wurde, zog sich Franklin von dem öffentlichen Leben zurück. — Ueber Franklin's Leben und Wirken sehe man: *Memoirs of the life and writings of* B. Franklin. London 1818. 3 Vol. 4. — Benjamin Franklin's Leben und Schriften, nach der von seinem Enkel, W. Temple Franklin, veranstalteten

neuen Londoner Original-Ausgabe; mit Benutzung des bei derselben bekannt gemachten Nachlasses und früherer Quellen zeitgemäss (!) bearbeitet von A. BINZER. Kiel 1829. 4 Bde. Kl. 8*.

Neben seiner vielfachen Thätigkeit beschäftigte sich FRANKLIN mit physikalischen Wissenschaften, und seine Bereicherungen der Elektricitätslehre beginnen mit dem Jahre 1746, in welchem er in Folge der in Boston bei einem Dr. SPENCE aus Schottland gesehenen elektrischen Experimente, die, wie er in seiner Selbstbiographie sagt, ihm ebenso neu, als interessant waren, bei seiner Zurückkunft nach Philadelphia die Wiederholung jener Experimente und seine elektrischen Untersuchungen begann. Die Bibliothek zu Philadelphia erhielt damals von COLLINSON zu London als Geschenk eine Glasröhre mit einigen Nachrichten über den Gebrauch derselben beim Experimentiren. Aus Dankbarkeit gegen COLLINSON erstattete nun FRANKLIN an Letzteren in verschiedenen Briefen die ersten Nachrichten über die neu erfundenen Experimente. Der erste dieser Briefe war vom 28. Juli 1747, der letzte vom 18. Juli 1754 datirt. Diese Briefe wurden auf Anregung von COLLINSON durch CAVE in einer besonderen Broschüre publicirt und mit einem Vorwort von FOTHERGILL versehen.

Eine Sammlung der sämmtlichen Werke FRANKLIN's erschien im Jahre 1806 zu London in 3 Bänden. Seine Schriften und Arbeiten über Elektricität waren nach Angabe von KRÜNITZ und Anderen (J. G. KRÜNITZ, Verzeichniss der vornehmsten Schriften von der Elektricität und den elektrischen Curen. Leipzig 1769. 8*. — PRIESTLEY's Geschichte d. Elektricität; deutsche Uebers. p. 103*) die folgenden:

* *Experiments and observations on electricity, made at Philadelphia in America, by* BENJ. FRANKLYN. London 1751.

An account of Mr. BENJ. FRANKLYN's *treatise, lateley published, intituled: Experiments, and observations on Electricity, made at Philadelphia in America, by* WILL. WATSON. *Philos. Trans. of the years 1751 and 1752.* XLVII. p. 202—211.

Französ. Uebersetzung von FRANKLIN's Briefen (auf Anregung BUFFON's von DALIBARD besorgt) unter dem Titel: * *Experiences et observations sur l'électricité, faites à Philadelphie en Amérique, pr. Mr.* B. FRANKLIN, *et communiquées dans plusieurs lettres à Mr.* P. COLLINSON; *trad. de l'Anglais à Paris.* 1752. 8. 223 Seiten.

Supplemental experiments and observations on electricity, Part II, made at Philadelphia in America, and communicated in several Letters to P. COLLINSON. London 1753. 4. 3 Vol.

New experiments and observations on electricity, made at Philadelphia in America; comm. to P. COLLINSON, *and read at the Royal-Society, June 27 and July 4, 1754. To which are added a paper on the same subject, by* J. CANTON, *and read at the Royal-Soc. Dec. 6, 1753; and another in defence of Mr.* FRANCKLYN, *against the Abbé* NOLLET, *by Mr.* DAV. COLDEN. Part. London 1754. 4.

A Letter of BENJ. FRANKLIN, *to Mr.* PET. COLLINSON, *dated Philadelphia Oct. 1, 1752, concerning an electrical Kite.* Phil. Trans. XLVII. p. 565, 567.

Extract of a letter, concerning electricity, from Mr. B. FRANKLIN *to Mr.* DALIBARD, *dated at Philadelphia, June 26, 1755, inclosed in a letter to Mr.* PET. COLLINSON; *read at the Royal-Society of London, Dec. 18, 1755. Philos. Trans. for the year 1755.* XLIX. 305—309.

Deutsche Uebersetzungen von FRANKLIN's Briefen:

Neue Briefe des Hrn. FRANKLYN's, an Hrn. COLLINSON, über die Elektricität; von MATY. Berlin 1763.

* Des Hrn. BENJ. FRANKLIN's Briefe von der Elektricität. Aus dem Engl. übersetzt, nebst Anmerkungen von J. C. WILKE. Leipzig 1758. 8.

Experiments and observations on Electricity, made at Philadelphia in America, to which are added Letters and Papers on Philosophical subjects. The whole corrected and methodized, improved and now first collected into one Volume, and illustrated with Copper-plates. London 1769. 4. 496 Seiten.

2 Ich werde es versuchen, am Ende dieses Abschnittes die verschiedenen Ansichten kurz zusammenzustellen, welche über die Entstehung der Blitzeserscheinungen bis jetzt aufgestellt worden sind, und jene Hypothesen hervorzuheben, welche man der Entstehung der Gewittererscheinungen zu Grunde legte; jedoch soll diess nur in so weit geschehen, als dieser Gegenstand unserer vorliegenden Besprechung angehört, während bezüglich der näheren Auseinandersetzung dieser Erscheinungen auf die Meteorologie verwiesen werden muss.

3 P. TH. RIESS. Die Lehre von der Reibungs-Elektricität. Berlin 1853. Gr. 8. 2 Bde. Band I. 28*; *Encyclopaedia metropolitana.* London 1830; electricity 72.

Man sehe auch hierüber: J. PRIESTLEY. Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Elektricität nebst eigenthümlichen Versuchen. Nach der zweyten vermehrten und verbesserten

Ausgabe aus dem Englischen übersetzt und mit Anmerkungen begleitet von J. J. KRÜNITZ. Berlin und Stralsund 1772. 4. p. 284 *, 323 *, 400 *, 486 *.
Ferner: J. C. FISCHER. Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten. 8 Bde. Göttingen 1801—1808. 8. V. 536*.

4 PRIESTLEY erzählt in seiner Gesch. d. Elektric. (§. 486—488 *), dass er in Gesellschaft mit FRANKLIN, CANTON und PRICE einmal die Frage aufgeworfen habe: „ob es wahrscheinlich wäre, dass es einigen Unterschied in der leitenden Kraft verschiedener Metalle gäbe, und wofern dergleichen stattfände, ob es möglich wäre, diesen Unterschied mit Gewissheit zu bestimmen?" Seine Versuche, die er nach einer von FRANKLIN ihm vorgeschlagenen Methode durchführte, zeigten ihm, dass die von ihm untersuchten Metalle, bezüglich der Kraft, sie durch den elektrischen Entladungsstrom zum Schmelzen zu bringen, folgende Ordnung befolgen: Eisen, Messing, Kupfer, Silber, Gold; dass ferner das Zinn nach dem Eisen komme, und das Blei ein schlechterer Leiter als jedes andere Metall sei, was auch schon WILKE gefunden habe; endlich, dass er das Gold als einen schlechteren Leiter, wie das Silber halte, was ihm seine über die runden Flecke angestellten Versuche vermuthen lassen. — Obgleich also der Unterschied in der Leitungsfähigkeit der Metalle schon lange bekannt war, so hält doch REIMARUS das Eisen und das Blei für Blitzableitungen als am tauglichsten und erkennt einen Unterschied im Leitungsvermögen der verschiedenen Metalle nicht an. „J. A. H. REIMARUS. Vom Blitze. Dessen Bahn und Wirkung auf verschiedene Körper, nach zuverlässigen Wahrnehmungen von Wetterschlägen." Hamburg 1778. 8. p. 636 *. Die von REIMARUS gegebenen Rathschläge werden sogar von späteren Schriftstellern noch mehrfach empfohlen. HEMMER erkennt die verschiedenartige Leitungsfähigkeit der Metalle für Elektricität an, macht jedoch bei seinen Anwendungen keinen Gebrauch davon. Man sehe dessen Schrift: JOH. JAK. HEMMER. Anleitung, Wetterableiter an allen Gattungen von Gebäuden auf die sicherste Art anzulegen. Manheim 1786. p. 6 *, 65 *.

5 RIESS. Elektricitätslehre. I. 178 *.

6 RIESS. Elektricitätslehre. I. 184 *.

7 Die Wirkung der Spitzen scheint zuerst von C. AUG. VON BERGEN erkannt worden zu sein, wenigstens lässt sich die in PRIESTLEY's Geschichte der Elektr. p. 111 * hierüber gegebene und aus GRALATH's Gesch. der Elektr. Abschn. 2. p. 278 hierüber entnommene Nachricht so deuten. Nach anderen Angaben soll JALLABERT vielleicht der Erste gewesen sein, „welcher bemerkte, dass ein an dem einen Ende spitziger und an dem anderen Ende runder Körper verschiedene Erscheinungen bei ein und eben demselben Körper hervorbrachte, nachdem entweder das spitzige oder runde Ende demselben nahe gehalten wird" (PRIESTLEY a. a. O.). Jedoch ist die erste Idee einer Anwendung sowohl, sowie ein erster Versuch zur Erklärung der elektrischen Erscheinungen zuerst von FRANKLIN ausgegangen (FRANKLIN's Briefe p. 56 *), während von ihm die Entdeckung seinem Freunde HOPKINSON zugeschrieben wird.

8 RIESS. Elektricitätslehre. I. 261 *.

9 POGGENDORFF. Annalen der Physik und Chemie. LXV. 492 *.

10 FR. ARAGO's sämmtliche Werke. Deutsche Original-Ausgabe. Herausgegeben von A. G. HANKEL. Leipzig. 8. Bd. IV. 100 *.

11 J. JAK. HEMMER's Anleitung. p. 44 *.

12 J. C. VON YELIN. Ueber den am 30. April 1822 erfolgten merkwürdigen Blitzschlag auf dem Kirchthurm zu Rossstall in Bayern. Zur Belehrung und Beruhigung für diejenigen, welche Ableiter von Messingdrahtseilen auf ihren Wohnungen haben etc. 2. vermehrte Aufl. München 1824. 8. p. 38 *. Auch unter dem Titel: „Ueber die Blitzableiter aus Messingdrahtstricken, nebst zwei merkwürdigen Blitzschlägen etc."

13 J. C. v. YELIN. A. a. O. p. 15 *.

14 MUNKE's physikalisches Wörterbuch. I. 1036 *.

15 MUNKE's physik. Wörterb. VIII. 534 *.

16 ARAGO. IV. 86 *.

17 ARAGO. IV. 84 *.

18 GILBERT's Annalen der Physik. LV. 121 *. LXI. 235 *. LXVIII. 209 *. LXX. 301 *. LXXIV. 213 *. Pogg. Ann. LXVIII. 299 *. 567 *.

19 FISCHER's Gesch. d. Phys. V. 582 *. 614 *. Pogg. Ann. IX. 443 *. RIESS, Elektricitätslehre. I. 465 *.

20 REIMARUS. V. Blitze. p. 65 *.

21 REIMARUS. V. Blitze. p. 363 *. ARAGO. IV. 105 *.

22 Man sehe hierüber: Repertorium der Physik. Berlin 1842. VI. 206 * u. ff. — RIESS, Elektricitätsl. II. 266 * u. ff.

[23] Munke's physik. Wörterb. VII. 1222*.
[24] Die Fortschritte der Physik im Jahre 1852. Dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. VIII. Jahrg. Redig. von A. Krönig. (Oder unter dem Titel: „Berliner Berichte".) VIII. 706*.
[25] Man sehe über das Ozon: Pogg. Ann. L. 616*. LIX. 240*. LXV. 69*. Abhandlungen der naturwissensch. technischen Commission bei der K. bayer. Akademie der Wiss. I. 175*.
[26] Reimarus. V. Blitze. p. 64*. 267*. 570*. Arago. IV. 74*.
[27] Gren's Journal d. Phys. VI. 37*.
[28a] Reimarus. V. Blitze. p. 178* u. ff.
[28] Reimarus. V. Blitze. p. 107* u. ff.
[29] Arago. IV. 238*.
[30] Reimarus. V. Blitze. 107—225*. Arago. IV. 238—240*.
[31] Man sehe hierüber: Repertor. d. Physik. II. 55* u. ff. S. VI. 190* u. ff. S. Riess, Elektricitätslehre. I. 420* u. ff. S. Berliner Berichte VIII—XI. Abschnitt: Elektricitätslehre.
[32] Repertorium der Physik. VIII. 191*.

Kapitel II.

Von den Erscheinungen des Blitzes und von der Einwirkung des letzteren auf irdische Objecte.

§. 20. Ueber die Analogie zwischen den gewöhnlichen elektrischen Entladungen und denen der Wolkenelektricität.

Es mag auf den ersten Blick als überflüssig erscheinen, einer Schrift, die über die Einrichtung der Blitzableiter Aufschluss geben soll, ein Kapitel, wie das in der Aufschrift angedeutete vorausgehen zu lassen. Da wir aber von dem Grundsatze ausgingen, dass die in einem Blitzableiter auftretenden Erscheinungen mit denen identisch sind, die in einem Schliessungsleiter eines elektrischen Ladungsapparates auftreten und von ihm bewirkt werden können, und dass jene Erscheinungen von diesen nur dem Grade nach verschieden seien, so halten wir es auch für nothwendig, den Zusammenhang zwischen den Blitzerscheinungen und ihren Wirkungen auf die sie umgebenden irdischen Objecte zuerst einer kurzen Betrachtung zu unterziehen. Ob es mit Hülfe der aus diesen Betrachtungen sich ergebenden Folgerungen möglich ist, über die Wirksamkeit der Blitzableiter den gehörigen Aufschluss sich zu geben, kann freilich noch nicht als ausgemacht angesehen werden.

Der erste Gedanke, dass die Gewittererscheinungen und deren Wirkungen mit den Vorgängen identisch sind, welche mittelst elektrischer Apparate erzeugt werden können, scheint nach Gray [1] von Desaguliers ausgegangen zu sein, während Nollet zuerst in einer einigermassen fasslichen Weise die Thatsachen zusammenstellte, welche man beachten müsse, wenn man eine Aehnlichkeit zwischen Elektricität und Blitz auffinden wolle [1]; hingegen wurde die Aehnlichkeit des Blitzes mit dem elektrischen Funken schon im Jahre 1746 von Winkler als unläugbare Wahrheit aufgestellt [2]. In klarer Weise hat aber Franklin, ohne, wie es scheint, die Ansichten von Nollet und Winkler hierüber zu kennen, alle Umstände auseinandergesetzt, welche die Identität des Blitzes mit dem elektrischen Funken beweisen [3]. Eigentliche Versuche hierüber, die den an elektrischen Apparaten ähnliche Erscheinungen geliefert haben,

wurden nämlich — von FRANKLIN im Jahre 1749 vorgeschlagen, — im Mai 1752 in Frankreich, und im Juni desselben Jahres durch FRANKLIN selbst bei Philadelphia ausgeführt. FRANKLIN verfiel nämlich auf den glücklichen Gedanken, die Spitzenwirkung des elektrischen Fluidums (die nach seiner Aussage von HOPKINSON entdeckt worden sein soll [4]), und den Umstand beachtend, dass dieses den metallischen Leitern folge, während die Bahn, Gestalt und die Wirkungen des Blitzes ihm viel Aehnlichkeit des letzteren mit der Elektricität ahnen, und beide Phänomene nur dem Grade nach als verschieden annehmen liessen, die unmittelbare Beobachtung der Luftelektricität mittelst eines oben zugespitzten grossen Metallstabes, der auf einem hohen Thurme oder im Freien aufgestellt und unten durch einen Harzkuchen isolirt sein soll, vorzunehmen. Wenn darüber die Gewitterwolken hinweggehen, so müssten sie, nach FRANKLIN's richtiger Ansicht, der Eisenstange Elektricität mittheilen, welche dann durch die ihrem unteren Ende genäherten Leiter wahrgenommen werden könnte. Mit solchen, nicht weniger als 40 Fuss und 99 Fuss langen Eisenstangen wurden von D'ALIBARD und DELOR zu Marly und bei Paris derartige Versuche ausgeführt, welche die Meinung FRANKLIN's vollkommen bestätigten [5]. Letzterer selbst stellte mit einem elektrischen Drachen, den er aus zwei kreuzweis gelegten Stäben und einem grossen seidenen Sacktuche anfertigte, mit einem zugespitzten Drahte am anderen Ende versah, und an das untere Ende der hänfenen Schnur, die mit dem Drachen verbunden war, einen Schlüssel befestigte, solche Versuche an. Aus diesem konnte er beim Vorüberziehen einer Gewitterwolke in grösserer oder geringerer Schlagweite intensive oder weniger starke Funken mittelst eines genäherten Leiters ziehen, je nachdem die Schnur feucht oder trocken war. Im September 1752 richtete er auch eine isolirte eiserne Stange auf dem Dache seines Hauses zu Philadelphia auf, die er mit einem elektrischen Glockenspiel in Verbindung brachte, um die Wolkenelektricität untersuchen zu können. Auf diese Weise war es ihm möglich, zum ersten Male darzuthun, dass die Atmosphäre auch bei reinem Himmel elektrisch ist, und so die Aufmerksamkeit der Physiker auf Untersuchungen hinzulenken, die noch bis zur neuesten Zeit, jedoch in sichrerer Weise und mit verbesserten Instrumenten fortgesetzt werden.

Die sehr gefährlichen Experimente FRANKLIN's über Blitz und Luftelektricität und die Untersuchungen über die Identität der atmosphärischen Entladungen mit der gewöhnlichen Elektricität wurden von vielen Anderen damals nachgeahmt, und es sind insbesondere LE MONNIER, CANTON, BECCARIA, WILSON, BEWIS, RICHMANN, READ und noch manche Andere, Physiker und Dilettanten es gewesen, die diesen Gegenstand weiter verfolgten [6].

§. 21. Gewitterwolken und deren Höhe über der Erdoberfläche. Blitzerscheinungen.

Die Entstehung von Gewittererscheinungen setzt immer die Anwesenheit von dichteren oder weniger dichten eigenthümlichen Wolkengebilden voraus, die mit Elektricität geladen sind. Die Höhe dieser Wolken ist von verschiedenen Umständen abhängig, und so veränderlich, dass Bestimmtes darüber nicht angegeben werden kann.

Aus vier am 6. Juni 1712 von de l'Isle zu Paris gemachten Beobachtungen ergab sich die Höhe der Gewitterwolken zu 25700 Fuss, während zu einer anderen Zeit die Höhe nur 4460 Fuss war. Am 2. Juli 1761 fand Chappe die Höhe der Gewitterwolken zu Tobolsk zu 10640 Fuss, am 13. Juli 11050 Fuss, spätere Beobachtungen gaben die geringen Höhen von 930 und 682 Fuss. Nach d'Abbadie waren die Höhen von Gewitterwolken in Abyssinien folgende:

Am 15.	Februar	1844	 6487 Fuss.
„ 12.	„	1844	 6041 „
„ 26.	October	1843	 3463 „
„ 20.	„	1848	 676 „

Nach Mittheilungen von Haidinger, der derartige Erfahrungen in Oesterreich zusammenstellte, kann die Höhe der Gewitterwolken bisweilen sehr gering sein; bei einem am 26. August 1827 stattgehabten Gewitter über dem Kloster zu Admont in Oesterreich soll die Wolke, aus welcher der Blitz kam, nur 89 Fuss über dem Boden gewesen sein. Nach Arago's Meinung soll die grösste Höhe der Gewitterwolken dem Flachlande angehören, indem hier Beispiele vorkommen, wo sie das Doppelte der grössten Höhe der Gewitter in den Alpen betrug. — Die Entladung dieses elektrischen Ansammelungsapparates kann dann entweder innerhalb der Wolken selbst oder gegen irdische Objecte geschehen, in deren Nähe die Gewitterwolken sich befinden. Die in Folge solcher Entladungen eintretenden Lichterscheinungen haben, je nachdem sie von grösserer oder geringerer Intensität, mit einem starken Geräusch oder Knall oder ohne akustische Wahrnehmungen vorkommen, verschiedene Namen. So bezeichnet man die geräuschlosen Entladungen mit dem Namen Wetterleuchten, St. Elms-Feuer, während die bei heftigen Entladungen auftretenden Lichterscheinungen mit dem gemeinschaftlichen Namen Blitz bezeichnet werden. Die Erscheinungen der ersten Art, welche (nebenbei erwähnt) auch theilweise optischen Täuschungen zugeschrieben werden dürften, haben für unsern vorliegenden Zweck kein Interesse; die eigentlichen Blitze aber sind es, welche bei den zerstörenden Wirkungen der Gewitterentladungen auftreten, weshalb wir diese einer kurzen Betrachtung unterziehen müssen.

Die Lichterscheinung, welche bei Gewittern vorkömmt, und die man Blitz (Eclair, Foudre, Lightning, Fulmen) nennt, theilt Arago, dessen Betrachtungsweise wir hier verfolgen werden [7], in drei Klassen.

Zur ersten Klasse gehören die Blitze in Zickzackform, zur zweiten Klasse die über eine grössere Oberfläche sich verbreitenden elektrischen Lichterscheinungen mit eigenthümlicher Färbung, die sogenannten Flächenblitze; endlich zur dritten Klasse gehören die sogenannten Kugelblitze.

Die Blitze der ersten Klasse bilden gedrängte, schmale und an den Rändern scharf begrenzte Lichtlinien oder Streifen, die zuweilen weiss, zuweilen purpurfarben, violett und bläulich, selten in einfachen Lichtstreifen, sondern gewöhnlich in vollkommen deutlichen Zickzackformen erscheinen, wie sie bei den Entladungsfunken der gewöhnlichen Elektrisirmaschinen wahrgenommen werden, mit denen sie auch die grösste Aehnlichkeit haben, und von denen sie sich nur

durch Lichtintensität und Bahnlänge, von der Wirkung abgesehen, unterscheiden.

Die Blitze bewegen sich sowohl von einer Wolkengruppe zur anderen, als auch, und zwar insbesondere von den Gewitterwolken zur Erde. Im letzteren Falle findet nicht selten auf dem Wege zur Erde eine Spaltung des Blitzes statt, indem von einem Punkte seiner Bahn zwei oder drei völlig von einander getrennte Aeste entstehen, die unter beträchtlichen Winkeln von einander abweichen und die Erde an weit von einander entfernten Orten erreichen können.

Beispiele von Zweitheilung des Blitzes liessen sich aus den hierüber bekannt gewordenen Erfahrungen viele anführen; über eine Dreitheilung des Blitzes auf seinem Wege erzählt Arago unter Anderem folgende Thatsache: Am 25. Juni 1794 wurde von Charpentier zu Freiberg ein Blitz beobachtet, der vor seiner Ankunft auf der Erde sich in drei Spitzen spaltete, von welchen die mittelste Spitze ein auf dem Domplatze gelegenes Haus, der südliche Zweig ein anderes Haus in der Vorstadt in der Nähe der Stockmühle traf, der dritte nördliche Zweig, über die Stadt in nordwestlicher Richtung hingehend, eine Strohhütte nahe bei dem Dorfe Klein-Waltersdorf in Brand setzte. Das in der Nähe der Stockmühle entzündete Haus lag 3807 Fuss südlich von dem auf dem Domplatz getroffenen, und die Entfernung von letzterem bis zur entzündeten Strohhütte betrug 8284 Fuss. Die sogenannten Zauberkreise, wie sie öfters beschrieben werden, und wie sie nach Gewittern zuweilen auf Wiesenplätzen wahrgenommen wurden, möchten auch einer Theilung des Blitzes, wenn man sich so ausdrücken soll, zuzuschreiben sein [8].

Die Blitze der zweiten Klasse zeichnen sich von den geschlängelten Blitzerscheinungen einmal durch ihre Ausdehnung, dann aber durch ihre eigenthümlichen Farbeneindrücke aus. Sie verbreiten sich über grössere Flächen, und lassen ihre intensive Färbung selbst dann noch erkennen, wenn sie von zickzackförmigen Blitzen durchkreuzt werden. Diese Art von Blitzen sind die häufigsten, sie können innerhalb einer und derselben Wolke, oder zwischen verschiedenen Wolken wahrgenommen werden; und es kommen tausende derselben auf einen schmalen, geschlängelten Blitz erster Klasse; sie scheinen in mehreren unmittelbar auf einander folgenden Entladungen zu bestehen, weshalb sie in Beziehung auf Dauer und Gestalt oft zu Täuschungen Veranlassung geben können. Auf diesen Umstand hat Faraday schon lange aufmerksam gemacht, ebenso auch auf die Erscheinung, vermöge welcher Blitze von einer Wolke zur anderen überspringen und ein und derselbe Blitzstrahl, der in grossen Entfernungen wahrgenommen wird, in mehrere Arme sich zu spalten scheine. Faraday bemerkt, dass derlei Erscheinungen nicht immer als wirkliche Blitze angenommen werden dürfen, sondern oft von Blitzen herrühren, die unserm Auge nicht direct wahrnehmbar sind, die aber einen und denselben Rand einer Wolke erleuchten, und dass der hiedurch erleuchtete Wolkenstreifen es sei, den wir als die Blitzerscheinung ansehen, wenn wir dieselbe durch anderweitige Beobachtungen nicht auf ihre wahre Ursache zurückzuführen suchen [9].

Dass diese Art von Blitzen sowohl, als auch die der ersten Klasse in einer Menge unmittelbar auf einander folgender Entladungserscheinungen bestehen

können, dürfte insbesondere aus den von WHEATSTONE und nach seiner Methode von anderen ausgeführten Untersuchungen über die Dauer elektrischer Lichterscheinungen hervorgehen.

Die Dauer einer jeden Blitzerscheinung der ersten und zweiten Klasse ist zwar noch nie mit Genauigkeit gemessen worden; jedoch darf dieselbe nach den bisher bekannt gewordenen Erfahrungen auf weit weniger als ein Tausendel einer Zeitsecunde geschätzt werden.

Die Blitze der dritten Klasse unterscheiden sich von den vorigen durch ihre Dauer, ihre Geschwindigkeit und Form. Diese Klasse von Blitzen bewegt sich ziemlich langsam von der Wolke zur Erde, sie können während 2, 3, 10 und noch mehr Secunden sichtbar sein, und erscheinen immer in der Form leuchtender Kreise. Wenn daher eine und dieselbe derartige Blitzerscheinung von verschiedenen Stellen aus, also von mehreren Personen gleichzeitig gesehen, die Kreisgestalt zeigt, so kann man füglich annehmen, dass diese Blitzform die Kugelgestalt habe. Selbst wenn ein einziger Beobachter diese Blitzerscheinung an einer Stelle wahrnimmt, die ausserhalb der Geraden liegt, in welcher ihre Bewegung stattfindet, kann dieselbe als kugelförmig angesehen werden, wenn ihre perspectivische Projection die Kreisform hat, vorausgesetzt, dass nicht subjective optische Erscheinungen dabei zu Täuschungen Veranlassung zu geben vermögen.

Die Blitzerscheinungen dieser Klasse gehören noch gegenwärtig zu den räthselhaftesten: ob dieselben als leuchtende Massen, die während eines Gewitters von den Wolken bis zur Erde mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit bewegt werden, oder als elektrische Entladungserscheinungen betrachtet werden müssen, möchte schwer zu entscheiden sein, aber so viel ist gewiss, dass die Blitzerscheinungen der dritten Klasse als die gefährlichsten zu betrachten sind, gegen welche die Blitzableiter keine schützende Einwirkung auszuüben vermögen. Jedoch gehört glücklicherweise das Vorkommen derselben zu den Seltenheiten, so dass ihr Zustandekommen von vielen Physikern sogar noch in Zweifel gestellt wird.

Von solchen kugelförmigen Blitzen wird schon aus früheren Zeiten berichtet. Solcher Fälle führt unter Anderen REIMARUS (a. a. O. p. 20, 40, 53) mehrere an, ebenso gibt auch YELIN (a. a. O. p. 59) einen solchen Fall an; jedoch werden die Vorgänge, unter welchen diese Erscheinungen auftreten, in nicht übereinstimmender Weise beschrieben. Eine grosse Zahl derartige Fälle werden von ARAGO aufgezählt. Bezeichnend ist hierbei der Umstand, dass von den Beobachtern dieser Erscheinungen übereinstimmend angegeben wird, wie in den meisten Fällen der die Kugelblitze begleitende Knall eine ungewöhnliche Intensität und Heftigkeit besitze, und auffallend bleibt ihr Auftreten, vermöge welchem sie gewöhnlich erst nach erfolgtem Entladungsschlage in der Form von Feuerkugeln erscheinen. Die Aufführung einiger Beispiele derartiger Erscheinungen wird hier um so weniger überflüssig sein, als die Beschreibung derselben auf andere Weise kaum möglich sein dürfte, als wenn die sämmtlichen Vorgänge, wie sie von aufmerksamen Beobachtern wahrgenommen wurden, angeführt werden. Es sollen hiefür einige Beispiele aus der neuesten Zeit gewählt werden.

Einen derartigen Fall erzählt Fargeaud [10], welcher bei zweimaligem Einschlagen des Blitzes am 13. Juli 1843 in die Kathedrale von Strassburg statt gehabt haben soll. Einige Personen behaupteten eine Feuerkugel gesehen zu haben, welche die obern Theile des Blitzableiters einhüllte und rasch an dessen Oberfläche abglitt. Der Telegraphist aber, der in diesem Augenblicke besser als Andere placirt war, versicherte, er hätte nur einen leuchtenden Strich unterscheiden können, der von der Spitze des Thurmes bis zur Plateform dem Ableiter folgte, wo dieser Ableiter für ihn unsichtbar war.

Mehrere interessante Fälle dieser Art, die im Jahre 1852 sich ereigneten, werden von Arago aufgeführt, von denen wir einen herausheben wollen. Er wurde von Meunier, Bureauchef im Ministerium des Innern zu Paris, beobachtet und an Jamin berichtet. Meunier wurde im Juni 1852 zwischen 11 Uhr und $11\frac{1}{2}$ Uhr auf seinem Wege in die Strasse Montholon von einem sehr heftigen Gewitter überrascht. Während dieses Gewitters leuchtete plötzlich ein sehr starker Blitz auf, dem ein Donnerschlag, einer Artilleriesalve vergleichbar, folgte. In demselben Augenblicke glaubte Meunier eine ungeheuere, mit Gewalt fortgeschleuderte Bombe zu sehen, welche mit Geprassel mitten auf dem Fahrwege zerplatzte. Im Augenblicke machte diese bewegte Kugel einen Eindruck auf den Beobachter, als ob der Mond vom Himmel herabstürzte, und sie hatte auch dieselbe Grösse und Farbe, wie dieser.

Seinen Weg fortsetzend, bemerkte Meunier in der Nähe des Platzes Cadet eine zweite feurige Kugel fliegen, die der früheren glich, an ihrem oberen Theile aber eine Art rothe Flamme hatte, welche man, obwohl sie etwas grösser war, mit dem Zünder eine Bombe vergleichen konnte. Diese feurige Kugel, der kein Blitz vorausgegangen sein soll, fuhr mit ungeheurer Geschwindigkeit herab, zerplatzte auf der Strasse mit einem ungeheuren Getöse, und versetzte dabei dem Beobachter eine so heftige Erschütterung, dass dieser gegen die Mauer geworfen wurde. Mit diesem Donnerschlage hatte das Gewitter ein Ende, und den Zeitungsnachrichten vom anderen Tage zu Folge soll der Blitz in der Strasse Lamartine eingeschlagen haben [11].

Einen anderen Fall erzählt Pinel, wobei der Blitz, welcher den Blitzableiter eines Thurmes verletzte, in Form einer Kugel an dem Gebäude schnell herniederfuhr bis zu einer kleinen Entfernung vom Boden, wo eine benachbarte Person sie einen Augenblick Halt machen und explodiren sah, indem die Kugel nach allen Seiten kleinere Kugeln von Feuer austiess.

Bei einem von Higginson beschriebenen und in der Nacht vom 16. bis zum 17. December 1852 am Ufer in der Nähe von Dover beobachteten Falle bemerkte man nach heftigem Blitzen aus einer allmählig sich vergrössernden Wolke zuerst im Centrum der letzteren einen dunkeln rothen Kern oder Feuerball, anscheinend von halbem Monddurchmesser, mit einem Schweif von fünf- oder sechsfacher Länge und ausserordentlichem Glanze, von welchem die Blitze ausgingen. Das Meteor kam mit grosser Schnelligkeit durch die Luft herab mit einem klirrenden zischenden Schuss, sein Kern explodirte mit dumpfem Donnerschlag in der Nähe des Bodens, und verbreitete trotz des starken Regens ein starkes Licht. Hiebei schien es, als ob die Reste des Meteors, etwa eine

halbe Meile vom Lande, ins Meer fielen, wo das Wasser aufschäumend aufspritzte [12].

Eine genügende Theorie der Blitzerscheinungen überhaupt, und insbesondere der sogenannten Kugelblitze zu geben, ist bis jetzt, trotzdem, dass derartige Erscheinungen von geringerem Grade mittelst der Ladungs- sowie mittelst der Inductionsapparate hervorzubringen, nicht unmöglich ist [13], noch nicht gelungen, weshalb es um so wünschenswerther sein dürfte, alle Thatsachen über derartige Erscheinungen, wie sie von unbefangenen und genauen Beobachtern wahrgenommen werden, zu sammeln, um wenigstens einstweilen über den richtigen Hergang solcher Phänomene die gehörigen Aufschlüsse erhalten zu können.

§. 22. Von den Donnererscheinungen. Höhe und Distanz der Gewitterwolken. Rollen des Donners. Länge der Blitze erster und zweiter Klasse.

Wenn wir in dem Vorhergehenden es versuchten, das Räthselhafte der Blitzerscheinungen zu beschreiben, so können wir von den übrigen Erscheinungen, die während eines Gewitters auftreten, ebenso wenig sicher den Hergang angeben. Nach kürzerer oder längerer Zwischenzeit folgt dem Blitze gewöhnlich ein Geräusch, welches sich zwar durch eigenthümliche Umstände auszeichnet, das aber nur durch den Grad der Stärke, in welchem es auftritt, von dem bei elektrischen Entladungen an Sammlungsapparaten etc. entstehenden Knall sich unterscheidet.

Wie der Donner eigentlich bei elektrischen Entladungen erzeugt wird, darüber ist bis jetzt eine genügende Erklärung nicht gegeben worden. Jedoch kann als Thatsache angenommen werden, dass jede Blitzerscheinung ein heftiges Auseinanderbewegen der Luftmassen, in denen sie entsteht, veranlasst; es muss deshalb von allen Seiten die Luft in die entstehenden leeren oder luftverdünnten Räume einströmen, wodurch allerdings ein starkes Geräusch entstehen kann, welches dem eines in Thätigkeit befindlichen Gebläses ähnlich ist; woher aber das sogenannte Knistern der elektrischen Funken, und die starken Donnerschläge bei Gewitterentladungen kommen, ist hiedurch nicht erklärt. Dass die Luftmassen, in welchen die elektrischen Ausgleichungen entstehen, zur Entstehung des Donners das Meiste beitragen, mag auch daraus hervorgehen, dass das Donnergeräusch sich nur auf weit kürzere Strecken verbreitet, als die durch Anregung fester Körper erregten starken Schallerscheinungen.

Man kann nämlich die Entfernung der Gewitterwolke, von der der Blitz ausgeht, von seinem Standpunkte näherungsweise sehr einfach auffinden. Es ist nämlich bekannt, dass bei $+10^{0}$ R. die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Schall in der Luft verbreitet, gleich 1074 Fuss angenommen werden kann. Wenn daher der Beobachter das Zeitintervall — mittelst eines Chronometers in Secunden aufsucht, welches von dem Augenblicke des Aufblitzens an bis zu dem Zeitpunkte verfliesst, in welchem man das erste Donnergeräusch hört, so wird das Product

$$1074t = D$$

die grösste Distanz der Gewitterwolke vom Standpunkte des Beobachters in Par. Fuss angegeben. (Es mag hier zugleich bemerkt werden, dass diese einfache Operation mit einiger Annäherung auch die Höhe der Gewitterwolke liefern kann. Wenn nämlich der Beobachter von seinem Standpunkte aus die Winkelhöhe desjenigen Endes des Blitzes, welches ihm am nächsten liegt, zu messen im Stande ist, und würde man hiefür den Werth α^0 finden, so müsste

$$H = D \sin \alpha = 1074 \times \sin \alpha$$

die Höhe der Gewitterwolke über der Horizontalebene geben, die man sich durch den Standpunkt des Beobachters gelegt denken kann). Hiebei ist allerdings vorausgesetzt, dass die Wolke selbst der Herd jener ersten Blitzeserscheinung war.

Die grössten Zeitintervalle, welche man bis jetzt zu beobachten Gelegenheit hatte, und die zwischen Blitzerscheinung und dem ersten wahrnehmbaren Donnergeräusch verflossen sind, waren 72 und 49 Secunden (DE L'ISLE), und LAMBERT glaubte sogar, dass diese Dauer nie grösser als 40 Secunden sein könne.

Aus jenen Angaben würde also folgen, dass der Donner auf höchstens 2 bis 3 Meilen gehört werde. Hiefür spricht übrigens auch eine andere unmittelbare Beobachtung, die von SMEATON gemacht wurde. Am 25. Januar 1757 schlug der Blitz unter fürchterlichem Donner in den Thurm von Lestwithiel (Cornwall), und zerstörte diesen fast gänzlich; SMEATON war damals ungefähr 6 Meilen davon entfernt, sah die Blitze, hörte aber nicht das geringste Geräusch. Vergleicht man jene geringen Entfernungen mit denen, bis auf welche sich der Kanonendonner hörbar macht, so erscheinen dieselben um so auffallender, da man das Abfeuern einer Kanone auf 10 Meilen und noch viel weiter hören kann. Während der Belagerung von Genua durch die Franzosen wurde der Donner ihrer Artillerie in Livorno, nämlich in einer Entfernung von $18^3/_4$ Meilen gehört; die Kanonade von Waterloo soll in der Stadt Creil in einer Entfernung von 25 Meilen gehört worden sein.

Auch andere Beispiele könnten über die grossen Entfernungen, auf welche sich der Knall der Kanonenschüsse verbreitet, hier angeführt werden.

Ob auf die Entstehung des Geräusches, das wir bei elektrischen Entladungen wahrnehmen, nicht auch die in der Atmosphäre entstehenden chemischen Wirkungen ihren Einfluss ausüben, ist bis jetzt meines Wissens noch nicht zur Erwähnung gekommen; es möchte jedoch ein solcher Einfluss nicht in Abrede gestellt werden dürfen, wenn man berücksichtiget, dass manche der chemischen Wirkungen, wie sie die elektrischen Entladungen hervorbringen können, wenn man sie unter gewöhnlichen Umständen einleitet, von den heftigsten Explosionen begleitet sein können. Jedenfalls hängt aber die Stärke des Knalles, den der Donner wahrnehmen lässt, von den chemischen und Wärmewirkungen ab, welche bei der elektrischen Entladung herbeigeführt werden. So hören diejenigen Personen, welche in der Nähe eines Ortes sich befinden, an welchem, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, der Blitz einschlägt, den heftigsten Donner, und diese Heftigkeit wächst, wenn die vom Blitze bewirkten Fortschiebungen,

Platzungen etc. von grossem Betrage sind. Ueber diese Veränderlichkeit der Stärke des Donners werden von ARAGO mehrere auffallende Beispiele angegeben [14].

Was aber die Donnererscheinungen besonders charakterisirt, besteht in den Umständen, unter welchen dieselben auftreten. Es sind diess nämlich insbesondere die Dauer des Donners während des Auftretens einer einzigen Blitzerscheinung, der ungewöhnliche Nachhall, welcher denselben begleitet, welcher in gemeiner Sprache mit dem Ausdrucke des Rollens des Donners bezeichnet wird, und die eigenthümlichen Schallempfindungen, welche von Personen wahrgenommen werden, die in verschiedenen Entfernungen und unter verschiedenen Situationen gegen den Herd des Gewitters sich befinden.

Jene Umstände, unter welchen die verschiedenen Donnererscheinungen auftreten, scheinen also von der Entfernung der Gewitterwolke, von der örtlichen Lage, von dem Bewölkungsgrade, von der Dichte der Luftschichten etc., sowie von dem Standpunkte abzuhängen, den man bei der Wahrnehmung des Donners einnimmt.

In der Nähe der Stelle, bei welcher die Entladung stattfindet, hört man bloss einen sehr heftigen Schlag; in grösserer Entfernung aber dauert der Donner längere Zeit an, und ist von eigenthümlichen Schalleindrücken begleitet, von denen KÄMTZ sagt, dass sie nur dann erst ihre richtige Erklärung finden werden, wenn der Vorschlag LICHTENBERG's ausgeführt werde, dass musikalische Kenner es versuchen mögen, den Donner auf Noten zu setzen, indem sich dann auch die Vermuthung bestätigen werde, dass Jeder seinen eigenen Donner hören müsse [15].

Das Zeitintervall zwischen Blitz und Donner kann zwischen einem Bruchtheil einer Secunde bis mehr als eine halbe Minute betragen, und wurde, wie oben erwähnt, in mehreren Fällen auch grösser gefunden. Wenn aber der Donner längere Zeit von einem Beobachter gehört wird, so erscheint er in verschiedenen Zeitintervallen bald schwächer, bald stärker. So wurden von DE L'ISLE am 2. Mai 1712 zu Paris folgende Werthe für die Dauer zwischen Blitz und Donner angegeben:

42, 48 und 48 Secunden;

am 6. Juni 1712: 47, 48, 48 und 49 Secunden. CHAPPE beobachtete im Jahre 1761 zu TOBOLSK am 2. Juli die Intervalle: 42, 45 und 47 Secunden; am 10. Juli 46 Secunden, während derselbe auch öfters nur eine Dauer von 2 Secunden beobachtet hatte.

Ueber die Dauer des Donners gibt ARAGO (a. a. O.) unter anderem folgende Resultate:

Am 17. Juni 1712 tobte ein Gewitter zu Paris:

Um	0	Secunden	zeigte sich ein Blitz;
um	3	„	wird der Donner zuerst schwach gehört;
um	12	„	kracht er;
um	19	„	endigt er leise,

so dass also 9 Secunden zwischen dem Anfange des Donners und seinem Krachen verstreichen.

Am 8. Juli 1712:

Um	0 Secunden	Blitz;
um	11 „	beginnt der Donner leise,
um	12 „	kracht er,
um	38 „	hört er auf zu krachen;
um	47 „	endigt er leise.

Für das sogenannte Rollen des Donners hat man verschiedenartige Erklärungen aufgestellt, und es scheint auch, dass unter verschiedenen Umständen auch verschiedene Ursachen, die Donnererscheinung zu dehnen, Veranlassung geben können. Länger anhaltende Donner können durch mehrfach nach einander folgende Entladungen entstehen; aber hier ist nur von dem Rollen die Rede, welches in Folge einer einzigen Blitzerscheinung erzeugt werden kann.

Eine der Ursachen, die ein länger ausgedehntes Donnergeräusch erscheinen lässt, kann die örtliche Umgebung selbst sein, indem in einem von Bergen umgebenen Thale die Entstehung des Wiederhalls nicht in Abrede gestellt werden kann. Da aber auch im Flachlande, und selbst auf hoher See der Blitz von langem Rollen begleitet ist, so müsste, wenn das Echo die Ursache des Rollens sein soll, die Oberfläche der Wolken die Schallstrahlen ebenso zu reflectiren vermögen, wie wasserförmige und feste Körper. Dass diess auch wirklich der Fall ist, mag wohl aus akustischen Gründen keinem Zweifel unterliegen können, indem die an der Stelle der Entladung entstehenden Schallwellen auf ihrem Wege zum Ohre auf verschiedenartige Mittel treffen und so Veranlassung zu Modificationen derselben gegeben ist, welche unter anderem auch in Reflexionen bestehen können. Uebrigens wird diess auch durch Thatsachen der Erfahrung bestätiget. So wurde schon von Musschenbroek bemerkt, dass an demselben Orte, wo das Abfeuern einer Kanone bei heiterem Himmel nur einen einzigen Knall erzeugt, das Geräusch sich mehrfach wiederholt, sobald der Himmel bedeckt ist. Aehnliches zeigte sich bei Gelegenheit der im Juni 1822 zu Montlhéry und Villejuif angestellten Versuche über die Schallgeschwindigkeit in der Luft. So hörte man zu Montlhéry den Donner der daselbst abgefeuerten Kanone 20 bis 25 Secunden lang; zu Villejuif hörte man bei heiterem Himmel innerhalb 2 Secunden zwei deutliche Kanonenschläge, hingegen in zwei anderen Fällen, wo am Himmel Wolken erschienen, war der Knall der Kanone von einem längeren Rollen begleitet.

Diese Erklärung würde genügen, wenn man an verschiedenen Orten jedesmal dieselben Eindrücke von einem entfernten Donner empfinden, und wenn das Geräusch vom Anfange bis zu seinem Ende entweder immer zu- oder nur abnehmen würde. Da aber während einer Donnererscheinung bald ein Anschwellen, bald wieder ein Abnehmen des Knalles in veränderlicher Folge wahrgenommen wird, das für verschiedene Standpunkte verschieden ausfallen kann, so kann die genannte Ursache nicht immer die einzig zulässige sein.

Nimmt man auf die Beschaffenheit des Blitzes selbst Rücksicht, so wird wohl begreiflich sein, dass ein Blitz der ersten und zweiten Klasse an einem von der Entladungsstelle weit entfernten Punkte das Ohr in anderer Weise afficiren muss, als eine Entladung, die in einer nur kleinen Ausdehnung statt-

findet, und dass selbst die zickzackförmigen Blitzstreifen andere Donnererscheinungen erzeugen werden, als Flächenblitze.

Auf diesen Umstand soll nach ARAGO's Angaben zuerst ROBERT HOOKE im Jahre 1705 in seinen *Posthumous works* aufmerksam gemacht haben. HOOKE unterscheidet nämlich einfache und zusammengesetze oder vielfache Blitze. Von den erstern, sagt er, nimmt jeder nur einen Punkt im Raume ein und erzeugt ein kurzes Geräusch ohne Dauer. Das Geräusch der anderen hingegen ist ein langgezogenes Rollen, „weil die verschiedenen Theile der langen Linie, welche diese Blitze einnehmen, sich im Allgemeinen in sehr verschiedenen Entfernungen befinden, und daher der Schall, mag er sich an diesen Stellen nach einander oder in demselben Augenblicke erzeugen, der Reihe nach ungleiche Zeiten braucht, um das Ohr des Beobachters zu erreichen“ [16]. Diese Anschauungsweise stimmt auch mit den über die Dauer einer Blitzeserscheinung nach WHEATSTONE's Verfahren angestellten Untersuchungen überein, aus welchen nämlich hervorgeht, dass die anhaltenden Blitze aus einzelnen unterschiedenen Entladungen bestehen, und dass die Dauer einer Entladung nicht bloss weniger als $\frac{1}{1000}$, sondern sogar kaum $\frac{1}{24000}$ einer Secunde betrage. In ähnlicher Weise wie HOOKE suchten auch ROBISON, und später andere Forscher, wie BRANDES, RASCHIG, HELVIG das Phänomen des Rollens des Donners zu erklären [17]. Insbesondere scheinen die von ROBISON hiefür gemachten Reflexionen am geeignetsten zu sein, um von der Entstehungsweise des Rollens bei aufeinander folgenden discontinuirlichen Entladungen sich eine gehörige Vorstellung zu machen.

Nimmt man nämlich, um die Ideen zu fixiren, eine Reihe Soldaten in gerader Linie so aufgestellt an, dass zwischen je zwei nebeneinander stehenden ein Zwischenraum von etwa 3 Fuss bleibe, und der Beobachter befinde sich an dem einen Ende in derselben Reihe, ebenfalls 3 Fuss vom Flügelmann entfernt. Wenn nun die ganze Reihe plötzlich, nämlich gleichzeitig abfeuern würde, so würde, da der Weg von 3 Fuss vom Schalle in $\frac{1}{358}$ Secunde in der Luft zurückgelegt wird, der Knall des ersten, zweiten, dritten etc., überhaupt des n^{ten} Gewehres vom Beobachter beziehungsweise in den Zeitintervallen $\frac{1}{358}$, $\frac{2}{358}$, $\frac{3}{358}$, ..., $\frac{n}{358}$ Secunden wahrgenommen werden, so dass also, wenn die Reihe z. B. 358 Fuss lang wäre, der letzte Schuss gerade um 1 Secunde später gehört würde, als der erste, und während einer Secunde das Rollen des Gewehrfeuers mit den genannten sehr kleinen Unterbrechungen, von nahe 0,003 Secunden andauern müsste. Dieses Rollen wird noch länger und z. B. 2, 3 etc. und 10 Secunden andauern, wenn die Reihe beziehungsweise 716 Fuss, 1074 etc. 3580 Fuss lang wäre. Es bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung, dass das Rollen des Gewehrfeuers eine andere Beschaffenheit annehmen müsste, wenn der Beobachter nicht am Ende der Colonne, sondern vor derselben, nahe an einem Ende oder gegen die Mitte hin sich befinden würde, und dass

der Anfang des Rollens um so später beginnen müsse, je weiter er von der Colonne sich entfernt etc. Ebenso ist einleuchtend, dass wenn die Soldaten nicht mehr in gerader Reihe, sondern auf der Peripherie eines Kreises stehend ihre Gewehre abfeuern würden, der Beobachter nur einen Knall hören müsste, wenn er sich im Mittelpunkte des Kreises befinden würde. Er würde selbst nur einen einzigen Knall hören, wenn er sich vor der Colonne, in einer Entfernung von derselben, die viele Male grösser ist, als die Länge einer geraden Colonne beträgt, und nahe an der Senkrechten befinden würde, die von der Mitte der Reihe auf letztere gezogen gedacht werden könnte. — Ausserdem darf aber nicht unerwähnt bleiben, dass bei der Vorstellung, die wir uns von der Schallerregung des Gewehrfeuers machen wollen, offenbar auch die Stärke der einzelnen auf einander folgenden Schalle immer mehr abnehmen muss, je weiter der Schallerreger vom Ohre des Beobachters sich befindet. Es muss daher dieses Rollen ein gleichmässig, immer mehr an seiner Intensität abnehmendes sein, wenn nicht andere Umstände die Schallwahrnehmung während der Fortpflanzung derselben zu afficiren vermögen.

Vergleicht man diese akustischen Wirkungen des Gewehrfeuers mit dem Geräusche, das ein Blitz in Zickzack und selbst in Flächenform hervorbringt, so möchte die Möglichkeit, dass durch solche Blitzerscheinungen ein sogenanntes Rollen des Donners erzeugt werden kann, ausser Zweifel gestellt sein. Man könnte sich selbst eine Ungleichmässigkeit der Donnererscheinung hiebei entstehen denken, wenn der Blitz eine Zickzackform annimmt, also bald in grösserer Nähe, bald wieder in grösserer Entfernung von dem Beobachter erscheint.

Wären die Länge und Gestalt des Blitzes die einzigen Ursachen des Rollens des Donners, und hätte man auf die durch das Echo und andere Umstände erzeugten Modificationen der Donnererscheinung keine Rücksicht zu nehmen, so könnte man aus der Dauer des sogenannten Rollens auf die Länge geradliniger Blitze schliessen. Denkt man sich nämlich vom Auge des Beobachters bis zur Anfangs- und Endstelle der Blitzerscheinung zwei Gerade gezogen, und bilden diese mit jener ein geradliniges Dreieck, so ersieht man vor Allem, dass die Länge des Blitzes grösser sein müsste, als die Differenz jener Geraden. Die Längen der letzteren aber würden sich, unter der gemachten Voraussetzung, finden lassen, wenn man das Zeitintervall zwischen der ersten und letzten Donnererscheinung beobachtet, und dieses mit 1074 multiplicirt. So würde man also, wenn das Rollen des Donners z. B. 39 Secunden andauern würde, für die Länge des Blitzes 41886 par. Fuss, also für eine Länge, die viel kleiner, als der Blitz wäre, gegen $1^3/_4$ Meilen erhalten. Hieraus und aus allen den aufgeführten Zahlen würde also hervorgehen, dass es Blitze von einer Länge, die grösser als 2 Meilen ist, geben müsste. Wenn nun auch diese Zahlen wesentliche Aenderungen erfahren, wenn man auf andere Umstände Rücksicht nimmt, so kann man dennoch nicht behaupten, dass solche Erscheinungen nicht wirklich vorkommen können. Auf trigonometrischem Wege wurden nämlich die Länge von Blitzen gemessen und hiefür die Zahlen 21000 par. Fuss (d'Abbadie), 54000 Fuss (Petit), 27600 Fuss (Weissenborn) gefunden, von welchen die

letztere die Länge eines Blitzes von mehr als 1 Meile, die von PETIT bei Toulouse beobachtete über 2 Meilen gross war.

Der Wechsel der Stärke und das secundenlange Pausiren des Donners aber deuten darauf hin, dass die Entstehung des Rollens noch von andern Umständen, als die angegebenen herrühren muss. KÄMTZ hält es für wahrscheinlich, dass durch die Interferenz der Schallwellen das sogenannte Rollen des Donners sich am sichersten erklären lasse. Durch die vom Blitze an irgend einer Stelle der Atmosphäre hervorgebrachte Schallerregung werden nämlich, wie bei einer jeden andern Schallerregung, undulatorische Bewegungen eintreten, die noch fortdauern, wenn die erregende Ursache auch verschwunden ist. Solche Schallwellen werden aber an jeder Stelle des Raumes, durch welchen die Entladung sich verbreitet, also an jeder Stelle des Blitzes erzeugt, und es erscheint daher jeder Punkt des Blitzes als Mittelpunkt eines Wellensystemes, und zwar nicht bloss die Ecken des Zickzackes, sondern auch jeder andere Punkt der Lichtlinie, die, wie schon oben erwähnt, als eine Reihe unendlich vieler auf einander folgender partieller Entladungen angesehen werden darf. Alle diese Wellensysteme werden aber bei ihrer Ausbreitung und Fortpflanzung auf einander einwirken, und werden daher bei ihrem Zusammentreffen eine Verstärkung oder Schwächung des Schalles zu erzeugen vermögen, je nachdem ähnliche Stellen der Wellen oder entgegengesetzt gerichtete zusammentreffen. Der Donner kömmt zuerst von dem zunächst liegenden Punkte des Blitzes zum Ohre; dauert also die Wellenbewegung fort, so kommen die Wellen von einem zweiten Punkte, durch welche entweder ein verstärkter Donner oder auch nur ein schwächeres Geräusch, und selbst einen Augenblick ein Pausiren eintreten, dem dann wieder ein heftiger Knall folgen kann, wenn neue Wellsysteme mit gleichen Schwingungsphasen zum Zusammentreffen kommen. Durch derlei Wirkungen kann man sich auch leichter erklären, weshalb entfernte Gewitter das Rollen auffallender zeigen, als diejenigen, welche in der Nähe des Beobachtungsortes sich entladen. Es ist nämlich bekannt, dass die Interferenz der Wellen um so lebhafter erfolgt, wenn die Halbmesser der Wellen spitze Winkel unter einander einschliessen. Nimmt man daher an, dass die Blitzerscheinung in verticaler Richtung durch eine Höhe von 2000 Fuss erfolge, und der Beobachter befinde sich von der Stelle des Einschlagens 10000 Fuss entfernt, so beträgt der Winkel, den die vom Beobachter nach den beiden äussersten Punkten gezogenen Linien einschliessen, nahe 11°; in einer Entfernung von 2000 Fuss schon 45°; es kann daher in jenem Falle leichter eine Interferenzerscheinung des Schalles wahrgenommen werden, als in der zuletzt erwähnten kürzesten Entfernung, und in jeder Entfernung, die zwischen genannten zwei Stellen gedacht werden kann [18].

Die von KÄMTZ gegebene Erklärungsweise möchte in allen Fällen, wo die oben erwähnten Umstände zur Erklärung des Rollens des Donners nicht ausreichen, als ein wichtiger Beitrag zur Aufstellung dieser räthselhaften Erscheinung angesehen werden dürfen. Jedoch möchte sowohl die Einwirkung des Wiederhalles, sowie jene der Länge und Gestalt des Blitzes, da sie durch die Erfahrung bestätiget sind, nicht in Abrede gestellt werden können, und einen grossen Antheil an dem Rollen des Donners und dessen Dauer haben.

§. 23. Anforderungen, denen jeder Blitzableiter, ohne Rücksicht auf die Lage, den Zweck etc. des zu schützenden Objectes, und die Verbindungsweise mit diesem, Genüge leisten muss.

In dem vorausgehenden I. Kapitel wurden die Grundgesetze erläutert, welche über das Elektrischwerden von Leitern der Elektricität durch Einwirkung von elektrischen Körpern Aufschluss geben sollen, ferner wurde dabei der Vertheilung des Elektricität an der Oberfläche eines geladenen Leiters gedacht, wenn dieser eine bestimmte, unter den gewöhnlichen Umständen vorkommende Gestalt hat, und die Anordnung an ihm sowohl, wie an dem elektrisirten Körper als einfach angenommen werden kann, und hierauf wurden jene Erscheinungen verfolgt, welche in dem Augenblicke auftreten, in welchem die mit Elektricität geladenen Körper wieder in ihren gewöhnlichen unelektrischen oder neutralen Zustand übergehen. Hiebei wurde, wo es thunlich war, gezeigt, in welchem Zusammenhange die Wirkungen des Entladungsstromes mit den sie erzeugenden Ursachen stehen, und in wie ferne bei den sogenannten Blitzeswirkungen ähnliche Einwirkungen auftreten können. In den vorausgehenden Paragraphen des gegenwärtigen Kapitels wurden diejenigen Umstände auseinanderzusetzen versucht, welche die Gewittererscheinungen nicht bloss dem Grade nach, sondern auch durch die Art und Weise ihres Auftretens von den Wirkungen der Entladungsströme von Ansammlungsapparaten unterscheiden können. Aus allen diesen Erläuterungen möchte nun hervorgehen, dass, wenn wir uns auch über viele Erscheinungen, die während der Gewitter auftreten, und die mit den elektrischen Aehnlichkeit haben, noch keine genügende Rechenschaft zu geben vermögen, es dennoch am rathsamsten erscheinen müsse, auf dem bis jetzt betretenen Wege die Untersuchung jener Erscheinungen zu verfolgen, und dass nur auf diese Weise die gehörige Grundlage für eine Theorie der Gewittererscheinungen erlangt werden kann. Insbesondere möchte hiefür das Studium der Erscheinungen, wie sie durch magnetoelektrische und elektromagnetische Inductionsapparate hervorgebracht werden können, über manche Wirkungen des Blitzes Aufschluss zu geben vermögen, die der elektrische Entladungsstrom, durch den gewöhnlichen Ladungsapparat erzeugt, nicht zu geben vermag [19].

Wenn nun in dem Folgenden der Versuch gemacht wird, die bis jetzt erläuterten Wirkungen auf die Theorie des Blitzableiters anzuwenden, so soll damit nur gezeigt werden, wie man sich die Wirkung eines Blitzableiters, diesen als einen Theil des Schliessungsbogens eines Ladungsapparates betrachtet, vorzustellen habe, und welche Vorgänge deshalb in ihm, so wie durch seinen Einfluss auf umgebende Leiter stattfinden können.

Denken wir uns nämlich einen langen cylindrischen metallenen Leiter vertical in der Nähe eines Gebäudes so errichtet, dass sein unteres Ende so tief in den Erdboden reicht, dass dieses Ende entweder mit einer sich weit verbreitenden Wasserfläche oder mit völlig durchnässtem Erdreich oder endlich mit grossen Metall- oder Erzmassen von hinreichender Mächtigkeit, um jede empfangene Elektricitätsmenge von noch so grosser Dichtigkeit ableiten zu können, in Verbindung stehe, so haben wir in jener Metallstange einen für jeden Grad der

elektrischen Dichte vollkommen unisolirten Leiter, wenn wir dabei noch die Voraussetzung machen, dass die Dicke der Stange gross genug sei, um jede noch so grosse Elektricitätsmenge, ohne in ihrem Zustande irgend welche Aenderungen zu erfahren, ableiten zu können. Dieser Leiter wird also, wenn derselbe durch Mittheilung unmittelbar, und zwar an irgend einer Stelle in den elektrischen Zustand versetzt zu werden versucht wird, sich unter allen Umständen, wie ein neutraler Leiter verhalten. Die von ihm empfangene Elektricität wird nämlich in demselben Augenblicke, in welchem sie auf ihn übergeführt wird, sich über seine ganze Oberfläche verbreiten, und da diese nach unserer Annahme unendlich gross ist, so wird die elektrische Dichtigkeit an allen Stellen desselben gleich Null angenommen werden können. „Durch unmittelbare Berührung mit einem elektrisirten Körper kann also diese Metallstange nicht in den elektrischen Zustand versetzt werden."

Stellen wir uns jetzt vor, es befinde sich in der Nähe des oberen Endes unseres stangenförmigen Leiters ein elektrisirter Körper, etwa eine Gewitterwolke, so wird nunmehr dieser nicht isolirte Leiter durch Vertheilung in der Art elektrisirt, wie diess oben §. 4 und §. 5 auseinandergesetzt worden ist. Er nimmt nämlich dabei nur einen, den dem elektrisirten Leiter entgegengesetzten elektrischen Zustand an, und würden wir dieselben Umstände voraussetzen können, wie sie auf Seite 9 angenommen wurden, so würde die elektrische Dichtigkeit an seinem oberen Ende jedenfalls am grössten sein, während sie an irgend einer Stelle, die vom Mittelpunkte der elektrischen Wolke um E entfernt ist, wenn dieselbe mit D bezeichnet wird,

$$D = \left(\frac{e}{E}\right)^2 d$$

wäre, worin d die Dichte an einer dem oberen Ende nahe liegenden Stelle, die um e vom Mittelpunkte der Wolke entfernt ist, bedeutet. Wenn daher L die Länge der nicht isolirten Stange vom Boden aus bis zu der Stelle bedeutet, an welcher die Dichte $= d$ ist, und die in der Nähe des oberen Endes der Stange sich befinden muss, so hätte man

$$D = \left(\frac{e}{L+e}\right)^2 d$$

für die elektrische Dichtigkeit an dem Leiter in der Nähe des Bodens, so lange nämlich die elektrische Wolke in ihrem vorigen Zustande in der Nähe der Stange verbleibt.

Man ersieht hieraus, dass D nur unter besonderen Umständen als verschwindend klein angenommen werden kann, die wir einzeln betrachten wollen.

Ist nämlich die Gewitterwolke so nahe, dass e im Verhältnisse zu L sehr gering wird, so wird D um so geringer ausfallen, je länger die Blitzableiterstange ist. Da aber die höchsten Gebäude, an welche man solche Stangen anzubringen hat, kaum eine Höhe von 500 Fuss haben, so kann die Dichte in der Nähe des Bodens, selbst bei $e = 100$ Fuss, noch $D = \frac{1}{36} d$ werden. Ist aber

die Gewitterwolke so weit entfernt, dass $\frac{L}{e} = n$ eine grosse Zahl wird, so kann die elektrische Dichte am unteren Ende eine Grösse

$$\left(\frac{n}{n+1}\right)^2 d$$

erreichen, bei welcher also die Wirkung des Leiters an allen Stellen, von der obersten an bis zur untersten auf genäherte Leiter fast überall dieselbe ist. Es wird daher die elektrische Dichte jener Stange an einzelnen Stellen desto geringer sein, je länger dieselbe ist; an ihrem unteren Ende aber wird sie nur dann verschwindend klein werden, wenn sie mit einem guten Leiter von möglichst grosser Oberfläche in unmittelbarer Berührung steht.

Die elektrische Dichte an irgend einer Stelle der Stange nimmt aber auch mit der Grösse d zu und ab. Ist nun d so gross, dass auf bedeutende Entfernungen ein Entladungsstrom noch zu Stande kommen kann, so wird also die Verlängerung jener Stange allein nicht ausreichen, um die von ihr bewirkten Entladungen zu verhindern, wenn sie nicht die gehörige Dicke hat und die Nichtisolirung an ihrem Ende eine unvollständige ist. Eine solche Dicke der Stange zu geben, damit die Dichte an ihrem obersten Ende möglichst gering ausfällt, ist, wie aus dem am Ende des §. 5 angegebenen Ausdrucke hervorgeht, in der Praxis nicht möglich, es muss daher die Anordnung so gemacht werden, dass die Dichte an jeder Stelle, die in der Nähe des oberen Endes der Stange sich befindet, möglichst gering ausfällt, d. h. die Stange muss in eine möglichst vollkommene Spitze ausgehen, die die gehörige Länge hat. Obgleich nun eine derartige Anordnung immer noch eine Ladung des Leiters zulässt, so kann diese doch so gering ausfallen, dass ihre Einwirkung auf umgebende Leiter als unschädlich betrachtet werden kann.

Betrachten wir nun nochmal jene nicht isolirte Stange, während sie von der elektrischen Wolke eine Influenz erfährt, und untersuchen die Vorgänge, welche in Folge dieses Ladens eintreten können, ohne dass wir dabei auf die in der Umgebung befindlichen Leiter Rücksicht nehmen, so können wir zwei Fälle unterscheiden. Es kann nämlich die elektrische Wolke plötzlich unelektrisch werden, oder es kann zwischen Wolke und dem Leiter eine Entladung eintreten. Ist Ersteres der Fall, so wird, wenn die Stange die gehörige Leitungsfähigkeit an allen ihren Stellen hat, und in Bezug auf die Nichtisolirung den oben angegebenen Bedingungen entspricht, dieselbe unelektrisch werden, ohne dass hiebei eine Wirkung wahrgenommen wird. Ist sie mit einer geeigneten Spitze versehen, so wird die Ladung, die sie in Folge der Influenz erfahren hat, ohnehin gering sein, und es wird selbst dann eine Wirkung nicht eintreten können, wenn sie nur mit Leitern von möglichst grosser Oberfläche an ihrem Ende in Verbindung steht.

Kann aber eine Ausgleichung zwischen Wolke und der Stange eintreten, d. h. kann eine sogenannter Blitzschlag entstehen, so wird der hiebei erzeugte Entladungsstrom nur dann Wirkungen in der Stange selbst hervorbringen können, wenn dieselbe nicht in der gehörigen Weise angeordnet ist. Ist dieselbe mit

einer möglichst vollkommenen Spitze versehen, so wird ohnehin unter sonst gleichen Umständen die Wirkung nur gering ausfallen können, und daher nur in einer Lichterscheinung mit den diese begleitenden Erscheinungen bestehen. Ist die Spitze nicht vollkommen, so kann dieselbe, wenn der Winkel des Kegels nicht gross genug und die Länge der Spitze nicht ausreichend ist, ein Abschmelzen derselben oder überhaupt eine grössere oder geringere Wärmewirkung an dem Ende des Leiters zu Stande kommen. Ist aber die Spitze so unvollkommen, dass die von der Stange angenommene Ladung beträchtlich sein kann, so können sogar die Wirkungen auf tiefer liegende Stellen der Stange sich erstrecken, wenn diese nicht auf ihrer ganzen Länge die ausreichende Leitungsfähigkeit besitzt.

Denken wir uns aber unter diesen Umständen, wie sie oben angenommen wurden, die Stange nur unvollkommen mit dem Boden in Verbindung oder theilweise isolirt, so werden jedenfalls schwächere oder stärkere Wirkungen eintreten können. Im isolirten oder theilweise isolirten Zustande würde, wenn die Spitzenwirkung am Ende der Stange keine vollständige ist, die Stange mit beiden elektrischen Zuständen gleichzeitig geladen werden. Beim plötzlichen Verschwinden der elektrischen Wolke müsste also in derselben ein Rückschlag eintreten, der nach der Grösse der zur Ausgleichung gekommenen und durch Vertheilung erregten Elektricitätsmenge alle Wirkungen hervorbringeu könnte, wie sie im einfachen Schliessungsleiter eines Ladungsapparates entstehen können, und die nach Umständen von grösserem oder geringerem Grade ausfallen könnten. Bei einer zwischen Wolke und der theilweise isolirten Stange stattfindenden elektrischen Ausgleichung oder beim Eintreten eines sogenannten Blitzschlages würde, wenn auch durch diese ausser der Blitzerscheinung keine andere Wirkung hervorgebracht wird, durch den vom neutralen Gürtel bis zum unteren Ende der Stange angehäuften mit der Elektricität der Wolke gleichnamigen elektrischen Zustand eine Vertheilung gegen die Bodenstelle hin, mit der die Stange in Berührung steht, eintreten, und daher hier, wenn die Stange selbst die gehörige Dicke und Leitungsfähigkeit besitzt, nämlich in der Nähe des Bodens gleichzeitig ein Rückschlag entstehen, mit geringeren oder grösseren Wirkungen.

In ähnlicher Weise treten die Erscheinungen auf, wenn die Stange zwar vollkommen abgeleitet ist, jedoch an irgend einer Stelle eine Unterbrechung hat, ja es können sogar während der elektrischen Entladung Wirkungen zu Stande kommen, wenn zwar eine solche Unterbrechungsstelle nicht vorhanden ist, hingegen der Leiter aus Theilen von ungleicher Leitungsfähigkeit zusammengesetzt ist. Letzteres kann z. B. der Fall sein, wenn die Stange nicht überall gleichen Querschnitt hat; ist sie an einer Stelle also nicht dick genug, um der während der Entladung durchfliessenden Elektricitätsmenge den gehörigen Querschnitt darzubieten, so müssen von dieser Stelle aus wieder Influenzerscheinungen eintreten, die nach eintretender Entladung mit den heftigsten Wirkungen begleitet sein können.

Ferner können derartige Wirkungen auftreten, wenn der Querschnitt der Stange zwar überall derselbe ist, dieselbe aber aus mehreren Theilen zusammen-

gesetzt ist, die an den Stellen, wo die Zusammenfügung stattfindet, dem elektrischen Entladungsstrom einen zu grossen Widerstand darbieten.

Befände sich aber irgendwo an der Stange eine Unterbrechungsstelle, so würde durch diese die Stange in zwei Theile getheilt, von denen der obere, sobald die Stange eine Vertheilung erfährt, auf den unteren Theil eben so einwirkt, wie jener von dem elektrisirten Körper selbst influencirt wird.

Aus diesen Betrachtungen ergeben sich also die folgenden Bedingungen, welche bei der Construction des stangenförmigen Leiters erfüllt werden müssen, wenn dieser unfähig werden soll, durch Influenz irgend welche Ladung anzunehmen:

1) Muss die Stange aus einem Metalle gewählt werden, das die möglichst grösste Leitungsfähigkeit für das Zustandekommen elektrischer Entladungsströme besitzt.

2) Muss sie die grösste Länge haben, die überhaupt bei der Construction angewendet werden kann.

3) Im Falle sie vollkommen cylindrisch wäre, muss ihr Querschnitt eine Grösse haben, die ihrer Länge und dem Leitungswiderstande des Metalles entspricht, damit der Entladungsstrom keine Wirkungen in derselben hervorbringen kann.

Eine nicht cylindrische Stange erfüllt mit grösserer Sicherheit jene Bedingungen, wenn die Querschnitte derselben von oben nach unten zunehmen, und dabei schon der obere Theil einen solchen Querschnitt hat, wie er für einen cylindrischen Leiter erforderlich wäre.

4) Das obere Ende soll in eine möglichst vollkommene Spitze von grosser Länge ausgehen; das Material dieser Spitze soll nicht bloss aus einem Metalle von grosser Leitungsfähigkeit sein; sondern dieses Metall soll den atmosphärischen Einwirkungen widerstehen und einen hohen Schmelzpunkt haben.

5) Ist die Stange aus mehreren Stücken zusammengesetzt, so muss das Aneinanderfügen derselben so geschehen, dass der Leitungswiderstand an den einzelnen Zusammensetzungsstellen durch das Zusammensetzen nicht grösser wird, als an jeder anderen Stelle der Stange.

6) Die Stange soll möglichst und so tief in den Erdboden einmünden, dass sie mit feuchtem und stets feucht bleibendem Erdreich in Verbindung bleibt, und soll hier mit grosser Oberfläche mit dem Boden in Berührung stehen.

§. 24. Ueber die schädlichen Einwirkungen eines Blitzableiters auf die zu schützenden Objecte, und die Mittel, um solche Einwirkungen zu verhüten.

Diesen Bedingungen müsste also die Stange Genüge leisten, wenn sie durch Einwirkung einer elektrischen Wolke völlig unberührt bleiben sollte. Ein Theil dieser Bedingungen erfordert, dass die Stange durch elektrische Influenz eine von oben nach unten immer mehr abnehmende und verschwindend kleine elektrische Dichte während des Ladens annehme; der andere Theil aber drückt aus, dass sie als Schliessungsleiter eines noch so starken Ladungsapparates benutzt,

durch einen etwa eintretenden Entladungsstrom keine der schädlichen Wirkungen erfahre, von denen oben die Rede war.

Wir ersehen hieraus, dass alle diese Bedingungen auch wohl auf den Blitzableiter angewendet werden können, und dass ein Blitzableiter unter gleichen Umständen ebenfalls keine schädlichen Einwirkungen erfahren wird, wenn man ihn nach jenen Regeln anordnet.

Jedoch reichen diese Bedingungen für die Anordnung des Blitzableiters nicht aus, da nicht bloss dieser selbst jeder Einwirkung des elektrischen Entladungsstromes zu widerstehen hat, sondern auch, und zwar insbesondere die umgebenden Objecte, an denen er sich befindet, gegen jede Einwirkung zu schützen hat. Dieser Schutz wird aber nur unter folgenden zwei Umständen erreicht:

1) Darf eine durch Gewitterwolken in der Nähe des Gebäudes herbeigeführte elektrische Influenz sich nur allein auf den Blitzableiter selbst erstrecken, und sonst auf keinen in der Umgebung befindlichen Körper.
2) Darf durch die in Folge jener Influenz im Blitzableiter etwa eintretende Ladung weder durch Vertheilung noch in dem Augenblicke, in welchem der Entladungsstrom selbst zum Vorschein kömmt, ein Object in der Umgebung eine Einwirkung erfahren.

Ob uns die bisher geführten theoretischen Betrachtungen auf diejenigen Hülfsmittel führen können, die nöthig sind, um der ersten der eben erwähnten Anforderungen Genüge zu leisten, darüber müssen allerdings einige Zweifel erhoben werden. Uebrigens sollen die hieher gehörigen Umstände weiter unten näher betrachtet werden. Was aber die Anforderungen der letzteren Art betrifft, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die in den früheren Paragraphen gemachten Erörterungen vollkommenen Aufschluss zu geben vermögen, in wie ferne diesen Anforderungen Genüge geleistet werden kann oder nicht.

Gehen wir daher auf diesen zweiten Punkt etwas näher ein, und untersuchen die Umstände, unter welchen ein Blitzableiter für die Umgebung, zu deren Schutz er dienen soll, gefährlich werden könnte.

Der Blitz erfolgt insbesondere, wie jede elektrische Entladung in guten Leitern der Elektricität, und wird daher vorzugsweise zu Stande kommen, wenn ihm eine metallische Leitung zu Gebote steht. Wenn daher eine Einwirkung des Blitzableiters auf seine Umgebung stattfindet, so wird dieselbe grösstentheils durch Metallmassen, die in seiner Nähe sich befinden, vermittelt. Diese Behauptung wird auch durch vielfache Erfahrungen bestätiget[20], und es sei gestattet, einige dieser Thatsachen hier aufzuführen.

„Das Detachement, welches 1759 den englischen Capitän Dibden, der Kriegsgefangener auf Martinique war, vom Fort Royal nach St. Pierre führte, machte, um sich gegen den Regen zu schützen, Halt am Fusse der Mauer einer kleinen Kapelle, die keinen Thurm hatte. Ein heftiger Blitzschlag überfiel es hier, und tödtete zwei Soldaten. Derselbe Blitz machte in die Mauer hinter diesen beiden Opfern eine Oeffnung, ungefähr 4 Fuss hoch und 3 Fuss breit. Bei weiterer Untersuchung fand sich, dass dem zerstörten Theile der Mauer, an welchen sich die beiden vom Blitze getroffenen Soldaten angelehnt hatten, im Innern der Kirche genau mehrere eiserne Stangen entsprachen, welche ein Grabmal trugen.

Denjenigen Soldaten, welche sich glücklicher Weise nicht vor diese Metallstücke gestellt hatten, widerfuhr nichts."

Am 15. März 1773 schlug der Blitz zu Neapel in das Haus des LORD TYLNEY, der an diesem Tage eine Gesellschaft von wenigstens 500 Personen bei sich versammelt hatte, von welchen aber Niemand verletzt wurde. Die am folgenden Tage von SAUSSURE und HAMILTON vorgenommene Untersuchung ergab, dass fast alle Vergoldungen, die Karniese an den Decken, die Leisten um die Tapeten, die vergoldeten Theile der Lehnstühle und Sophas, welche diese Leisten berührten, die vergoldeten Thürpfosten und die Klingeldrähte geschmolzen, geschwärzt und abgeschabt waren. — Ein Blitzschlag, welcher die Kraft hat, den Draht eines Klingelzuges zu schmelzen, würde einen Menschen erschlagen. Im vorliegenden Falle wurde, wie schon erwähnt, sogar Niemand verletzt, ein Beweis, dass der Blitz beim Durchfahren aller neun Zimmer, welche Lord TYLNEY's Wohnung ausmachten, sich vorzugsweise oder fast gänzlich auf die metallischen Theile warf, die sich in diesen Zimmern befanden[21]. — Es fragt sich nun, wie die Blitzableitung angeordnet sein muss, damit dieselbe unter keinerlei Umständen auf die Umgebung nachtheilige Einflüsse ausüben könne.

Stellen wir uns also jenen stangenförmigen Leiter vor, der vollkommen unisolirt an einem Gebäude, dasselbe weit überragend, aufgeführt sein soll. Dieser Leiter kann nun auf Metalle, die an dem Gebäude oder in seiner Nähe sich befinden, im geladenen Zustande entweder vertheilend einwirken oder der in ihm entstehende Entladungsstrom kann durch Induction die Metallmassen elektrisch erregen.

Durch Vertheilung kann jede Stelle jenes Leiters einwirken, wenn die elektrische Dichte derselben einen hinreichenden Grad erreicht hat. Wenn sich daher in der Nähe irgend einer Stelle des Leiters *A* eine Metallmasse *B* befindet, so kann diese durch Vertheilung in den elektrischen Zustand versetzt werden. Geht nun die Entladung vor sich, und der Leiter hat die im vorigen Paragraphen beschriebene Einrichtung, so erfolgt in demselben Augenblicke in *B* ein Rückschlag, der mit dem Namen eines kalten Schlages gewöhnlich bezeichnet wird, wenn er keine sichtbaren Wirkungen im Gefolge hatte, durch welchen übrigens, wie oben schon erwähnt wurde, alle zerstörenden Wirkungen herbeigeführt werden können, wie durch den primitiven Entladungsstrom. Befinden sich in der Nähe von *B* auch andere Metallmassen *C*, *D* etc. (*Fig. 9*) und durch Nichtleiter von *B* getrennt, so kann *B* in gleicher Weise auf diese, wie *A* auf ihn selbst einwirken, und der Rückschlag kann sich so auf die sämmtlichen innerhalb der Strecke von *B*, *C* und *D* befindlichen Gegenstände erstrecken, und sohin durch einen grösseren oder geringeren Raum im Gebäude selbst verbreiten. Führt diese unterbrochene Leitung bis zum Boden, wo sie mit guten Leitern in Verbindung steht, so wird die Entladung in der

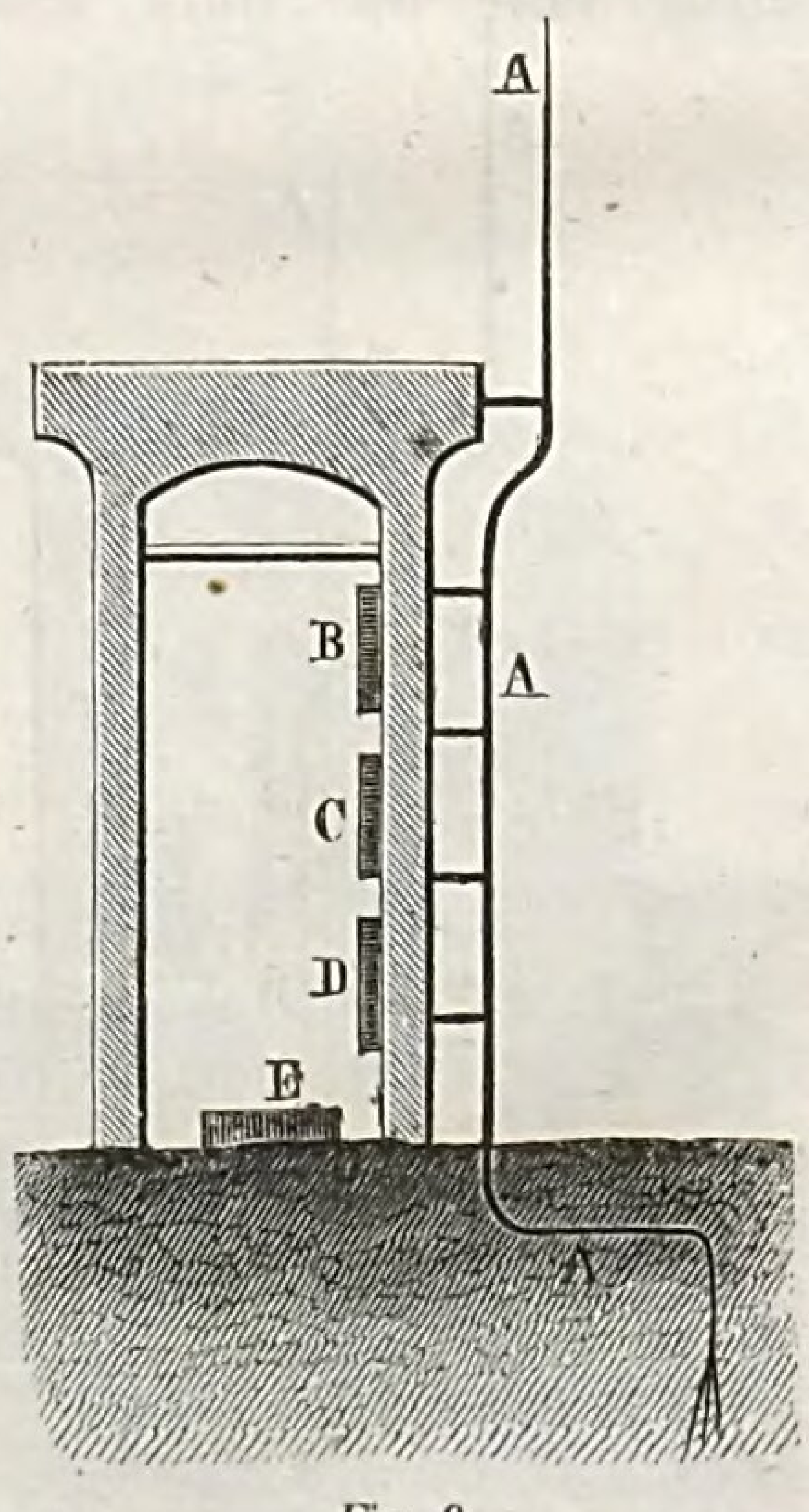


Fig. 9.

Weise vor sich gehen, dass der Strom den Körpern mit der grösseren Leitungsfähigkeit, die ihn zum Boden führen können, folgt. Ist aber einer der Leiter, z. B. *B*, durch Gegenstände von geringer Leitungsfähigkeit isolirt, so kann die Entladung gegen seitwärts liegende und sogar gegen Objecte, die höher als *B* liegen, vor sich gehen, wenn diese zur Entstehung des Entladungsstromes günstiger sind, als andere. Es kann daher in oder an einem Gebäude ein sogenanntes Abspringen des Blitzes nach der Seite oder sogar aufwärts stattfinden. Auch derlei Vorgänge werden durch die Erfahrung vielfach bestätiget. Jedoch sind die hierüber gegebenen Erklärungen nicht immer die richtigen gewesen.

Solche Fälle der elektrischen Vertheilung des Blitzableiters gegen Leiter, die in seiner Nähe sich befinden, kommen vornehmlich an den Stellen der Stange vor, an welchen letztere einen besonders hohen Grad von elektrischer Dichtigkeit hat. Es ist diess insbesondere an den Verbindungsstellen der einzelnen Theile der Stange, wenn diese nicht in gehöriger Weise abgerundet sind; ferner auch an jenen Punkten, an welchen die Stange mit dem Mauerwerke des Gebäudes durch Nägel oder Schrauben verbunden wird.

Bieten solche Stellen auch ausserdem dem entstehenden Entladungsstrome einen grösseren Widerstand dar, als die in der Nähe befindlichen Metallmassen, so kann sogar die Entladung anstatt in der Stange durch jene Metallmassen erfolgen.

Bei der Construction des Blitzableiters hat man daher auf diesen Umstand besonders Rücksicht zu nehmen; man hat denselben nämlich so an dem Gebäude herabzuführen, dass die in demselben oder etwa in den Mauern befindlichen Metallstücke nicht in seiner Nähe oder wenigstens so weit von ihm entfernt sind, dass eine vertheilende Einwirkung auf dieselben nicht eintreten kann, und ausserdem die Stange an allen ihren Stellen mit einem kreisförmigen Querschnitt zu versehen, alle Ecken und Ränder zu vermeiden etc.

Sollte es aber nicht möglich sein, bei der Anlegung eines Blitzableiters solche gefährliche Stellen zu vermeiden, an welchen ein sogenanntes Abspringen des Blitzes stattfinden kann, so muss man die Metallmassen selbst zu Bestandtheilen des Blitzableiters machen. Es kann diess dadurch geschehen, dass man dieselben an einer oder an mehreren Stellen, je nachdem sie auf eine nur kurze Strecke oder auf längere Strecken sich verbreiten u. s. w., metallisch mit der Blitzableiterstange in gehöriger Weise verbindet.

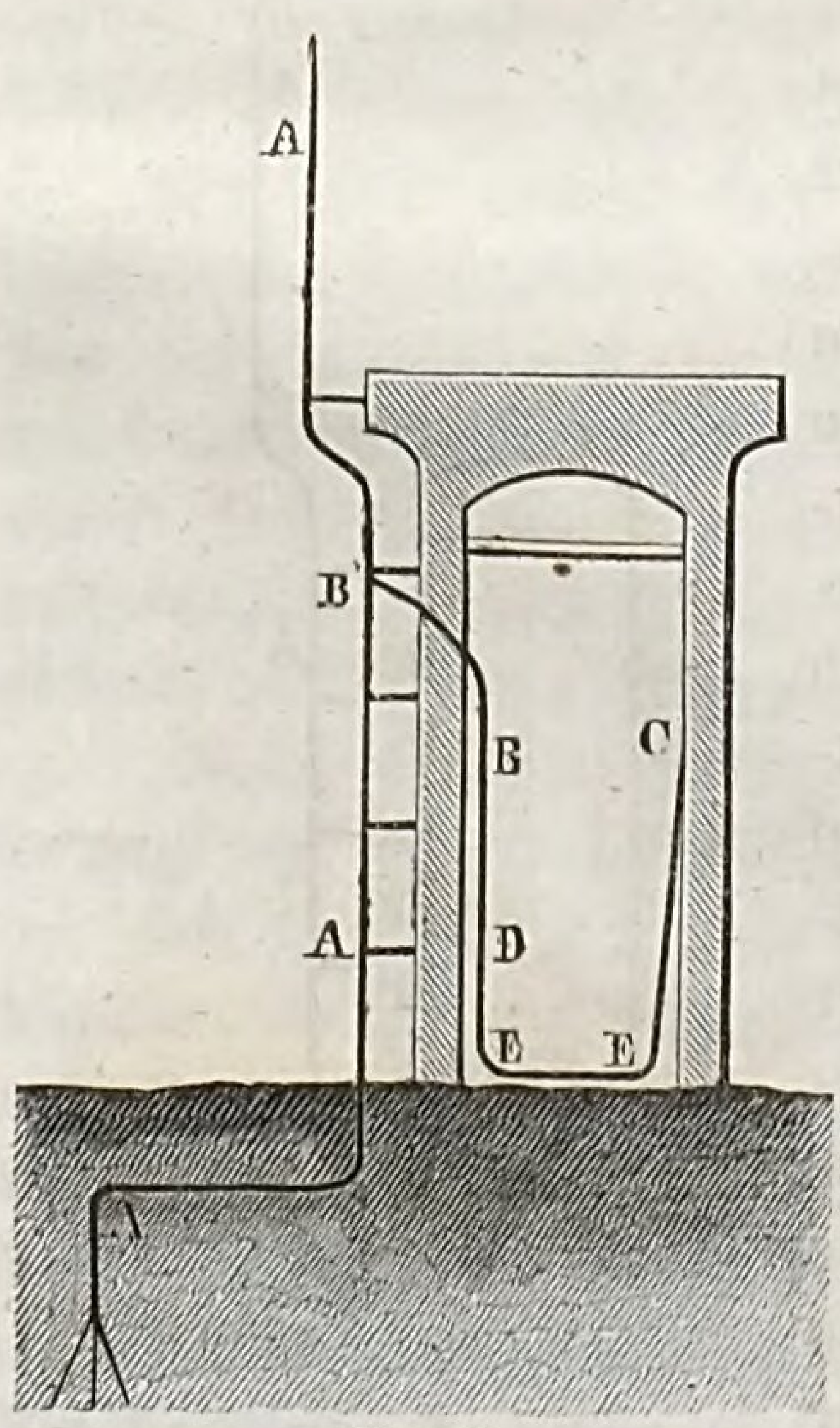


Fig. 10.

Steht nun ein metallischer Leiter *B* mit der Blitzableiterstange *A* in gut metallischer Verbindung, so kann dennoch durch einen im Blitzableiter etwa entstehenden Entladungsstrom die Erzeugung eines anderen durch die Einwirkung von *B* selbst veranlasst werden. In *Fig. 10* sei *B'* die Stelle, an welcher der metallische Leiter *B* mit dem Leiter *AA* in Verbindung steht, der Leiter *B* reiche bis *D*, wo er mit einem durch einen schlechten Leiter, etwa

durch eine Mauer isolirten Leiter CE in naher Verbindung steht. Entsteht nun in AA ein Entladungsstrom, so sind, da AA als Schliessungsleiter eines elektrischen Ansammlungsapparates hier auftritt, wenn derselbe bei A mit dem Boden etc. in inniger Berührung steht, alle Bedingungen (nach §. 14) zur Entstehung einer Seitenentladung in $B'BEC$ offenbar gegeben. Die Wirkungen dieser Seitenentladung werden um so stärker ausfallen können, je näher B' an dem oberen Ende von AA sich befindet, je länger der ganze Schliessungsbogen BDC ist u. s. w. Diese Seitenentladung wird aber nicht eintreten, wenn nicht bloss bei B', sondern auch bei D der Leiter B mit AA in metallische Berührung versetzt wird, und sie würde selbst dann noch sehr gering ausfallen müssen, wenn B nicht bei B', sondern bei D unmittelbar mit dem untersten Ende des Blitzableiters oder mittelst der Bodenleitung mit diesem in Verbindung gesetzt würde. Sollen also einzelne Metallstücke an einem Gebäude oder in der Nähe desselben keine Seitenentladung bewirken oder überhaupt keine Veranlassung zur Entstehung von Entladungsströmen sein, so reicht es nicht aus, dass sie in beliebiger Weise mit dem Blitzableiter leitend verbunden werden, sondern es wird am sichersten sein, solche Verbindungen an mehreren, und zwar weit von einander entfernten Stellen mit dem Hauptleiter herzustellen. Ausserdem ist es eine unbedingte Nothwendigkeit, das Anbringen von Metalltheilen u. dgl. im Innern des Gebäudes in der Nähe eines Blitzableiters zu vermeiden.

Betrachten wir endlich noch die Einwirkung eines Blitzableiters auf metallische Verbindungen, die an verschiedenen Stellen auf kurze Zeit unterbrochen sein können, und nahezu einen in sich zurückkehrenden Leiter der Elektricität bilden. Es stelle in *Fig. 11* wieder AA den Blitzableiter vor, $BCDEFGH$ sei ein System von Metallstücken, welches bei E und H Unterbrechungsstellen haben, und wobei BC nahezu parallel zu AA gerichtet sein soll. Entsteht nun in AA ein Entladungsstrom, oder findet, nach der gewöhnlichen Sprache ein Blitzschlag auf den Blitzableiter selbst statt, so sind unter den gemachten Annahmen auch alle Bedingungen zur Entstehung eines Nebenstromes in $BCDH$ gegeben, wenn BC von AA etwa durch das Mauerwerk des Gebäudes einigermassen isolirt ist. Die Umstände, von welchen die Stärke und das Eintreten eines solchen Inductionstromes abhängig sind, wurden schon oben (§. 14) näher bezeichnet.

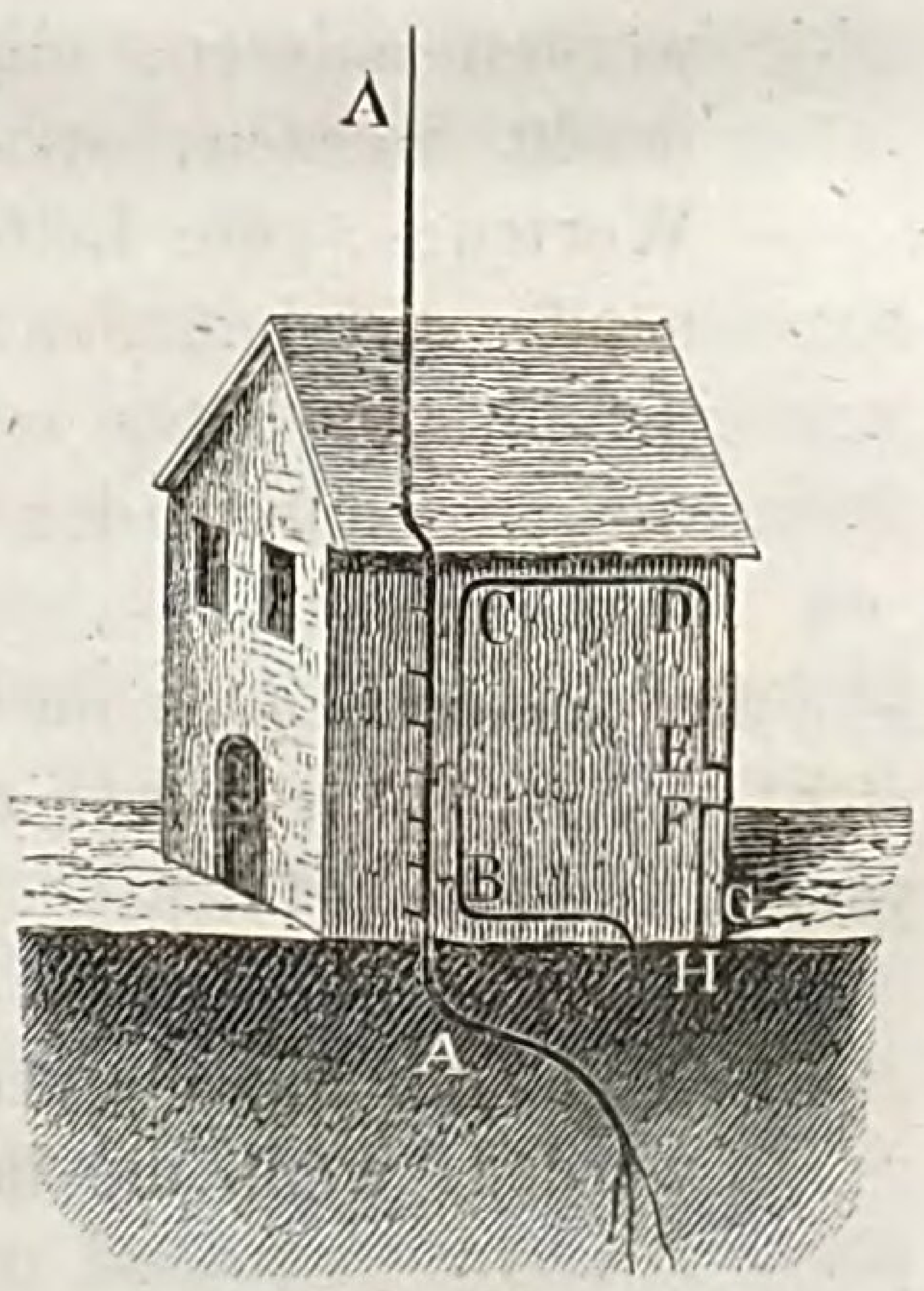


Fig. 11.

Zur Entstehung des secundären Entladungsstromes ist nicht gerade ein Schliessungsleiter der oben angegebenen Gestalt nöthig. Wenn nur ein Theil des secundären Schliessungsbogens in Form eines Metallstreifens, Drahtes u. dgl. nahezu parallel mit einem Stücke der Blitzableitung gelegt sich vorfindet, während dieser Theil an anderen Stellen mit Leitern irgend welcher Anordnung und Gestalt entweder ganz in Verbindung steht, oder wenigstens diesen auf kurze Distanzen genähert ist, so kann ein solches zusammenhängendes System

von Leitern die Veranlassung zur Entstehung eines Entladungsstromes sein, wenn in seiner Nähe elektrische Entladungen vor sich gehen. Da das Leitungssystem, welches in der Nähe eines Gebäudes den Blitzableiter ausmacht, oft in sehr zusammengesetzter Weise angeordnet sein, und zwar nicht bloss in einer verticalen Leitung bestehen, sondern mit Metallstrecken verbunden sein kann, die horizontal oder geneigt gegen den Horizont sich befinden (Dachrinnen, Metalldächer, eiserne Längen- und Querstangen bei eisernen Gebäuden u. s. w.), so möchte die Gelegenheit zur Entstehung von Entladungsströmen der zweiten Ordnung in der Nähe von Blitzableitern, die vom Blitze getroffen werden, nicht zu den Seltenheiten gehören. — Selbst thierische Körper können durch secundäre Wirkungen afficirt werden, wenn sie in einer fast in sich geschlossenen Reihe neben einander in einem Gebäude sich gruppiren, das eine Blitzeswirkung erfährt.

Fassen wir die in diesem Paragraphen gegebenen Erörterungen zusammen, so ergibt sich, dass, wenn ein Blitzableiter einem Gebäude vollkommenen Schutz darbieten soll, derselbe nicht bloss nach den in §. 23 angegebenen Bedingungen construirt sein muss, sondern dass auch noch ausserdem Folgendes gefordert werden müsse:

1) Sollen alle Stellen des Blitzableiters so angeordnet sein, dass vertheilende Wirkungen auf nahe liegende Leiter der Elektricität nicht eintreten. Es muss daher die Ableitung auf der ganzen Strecke, über welche sie sich ausdehnt, an allen Stellen abgerundet sein, alle Querschnitte sollen, wenn diess zulässig ist, kreisförmig sein, und wo diess nicht angeht, sollen scharfe Kanten, Ecken, spitzenförmige Hervorragungen etc. vermieden und beseitiget werden.

2) Alle metallenen und überhaupt guten Leiter der Elektricität, welche als fixe Bestandtheile des Gebäudes dienen, und die eine solche Ausdehnung haben, dass in ihrer Nähe sich Leiter befinden können, die zu denjenigen gehören sollen, welche gegen Entladungen durch den Blitzableiter geschützt werden müssen, müssen zu Bestandtheilen der Blitzableitung selbst gemacht werden, wenn die Umstände diess zulassen, oder mit anderen Worten: „gute Leiter der Elektricität, die an oder in der Nähe des Gebäudes sich befinden, sollen in der Weise mit der Leitung mittelst metallener Schliessungsleiter verbunden werden, dass sie keinerlei elektrischer Einwirkung durch den Blitzableiter selbst oder seine Bestandtheile ausgesetzt sind."

Bei festen Leitern an Gebäuden hingegen, welche eine derartige Anordnung nicht zulassen, ist Sorge zu tragen, dass die Blitzableitung nicht in ihrer Nähe vorbeigeführt wird.

3) Das Anbringen oder Anhäufen von Metallen in oder an Gebäuden in der Nähe der Leitung, die dem Blitzableiter angehört, soll stets vermieden werden, wenn die in 2) gegebene Bedingung nicht erfüllt werden kann.

§. 25. Ueber die Richtung, welche der Blitz beim sogenannten Einschlagen gegen irdische Objecte nimmt.

Bei meinen bisherigen Betrachtungen habe ich stets vorausgesetzt, dass eine sogenannte Blitzesentladung, ein Einschlagen des Blitzes bloss in Folge der von einer Gewitterwolke auf den getroffenen Gegenstand ausgeübten elektrischen Vertheilung entsteht, wobei der Gegenstand selbst als Schliessungsleiter zwischen Erde und Wolke anzusehen sei. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, habe ich stillschweigend angenommen, dass, wenn ein sogenannter Blitzschlag z. B. gegen einen Blitzableiter stattfindet, die Entladung gleichzeitig von der Wolke und dem Blitzableiter ausgehe, und dass ebenso, wie an einem an einer Stelle unterbrochenen Schliessungsleiter eines elektrischen Apparates, der Blitz sowohl von der Wolke als auch von dem getroffenen Gegenstande ausgehen müsse. Dass zuweilen dem von starken Lichterscheinungen eines Blitzes gereizten Auge es erscheinen mag, als ob der Blitz aus der Wolke gegen den Blitzableiter schlage, zuweilen auch von diesem aus aufwärts gerichtet sei, kann jene Voraussetzung nicht beeinträchtigen, indem man sogar ähnliche Erscheinungen an dem Conductor einer in Thätigkeit befindlichen Elektrisirmaschine aufzuweisen vermag [22].

Ebenso kann das scheinbare Aufwärtsbewegen und Abspringen des Blitzes bei getroffenen Leitern nichts darbieten, was nicht auf ähnliche Weise, wie durch Ladungsapparate hervorgebracht werden kann. Bei einer durch einen Blitzableiter eintretenden Influenzwirkung und sogar bei einer elektrischen Inductionserscheinung kann ein Seitwärts- und Aufwärtsbewegen der Entladungserscheinung eintreten, wenn die Enden der Unterbrechungsstelle, innerhalb welcher jene Erscheinung wahrgenommen wird, entweder neben- oder übereinander sich befinden. Es möchten daher in dieser Beziehung die aus früheren Zeiten auf die Gegenwart übergegangenen Ansichten, selbst wenn sie durch eigene Erfahrungen bestätiget werden wollten [23], nur aus der eigenthümlichen Vorstellung, die man sich von der sogenannten Blitzmaterie machen zu müssen glaubte, hervorgegangen sein, und denselben daher keine besondere Wichtigkeit zuzuschreiben sein.

Es möchte selbst die sogenannte Theilung des Blitzes bei seinem Einschlagen gegen irdische Objecte nichts Sonderbares für sich in Anspruch nehmen können, wenn man auf die Beschaffenheit der Gewitterwolken selbst dabei Rücksicht nimmt.

Was die sogenannte Theilung des Blitzes bei seiner Entstehung an getroffenen irdischen Objecten betrifft, so mag auch hiefür eine Erklärung nicht unmöglich sein, wenn man bedenkt, unter wie vielen Umständen ein fehlerhaft angeordneter Blitzableiter auf umgebende Objecte einwirken kann, wie er Rückströme und Seitenentladungen, von denen bei so gewaltigen Elektricitätsmengen, wie sie bei Gewittern vorkommen, selbst mehrere unabhängig neben einander auftreten können, zu erzeugen vermag, abgesehen von den Neben- oder inducirten Entladungen, die bei einem ganz fehlerfreien Blitzableiter vorkommen und oft an Stellen, die weit von diesem entfernt sind, die heftigsten Blitzschläge zum Vorschein kommen lassen können.

§. 26. Elektrische Wirkungen, welche durch Gewitterwolken an irdischen Objecten hervorgebracht werden können.

Zum Schluss des vorliegenden Kapitels müssen wir noch einige Erscheinungen in Kürze betrachten, welche in mancher Beziehung selbst für die Construction von Blitzableitern von Wichtigkeit sein dürften, obgleich sie nur in theoretischer Beziehung interessant zu sein scheinen.

Wenn eine Gewitterwolke einer Gegend sich nähert, oder über einer Fläche zur Entstehung kömmt, so können vertheilende Wirkungen von derselben ausgehen, die sich auf die Erde selbst und auf irdische Gegenstände erstrecken, die vom Blitze nicht direct getroffen werden. Findet dann eine allmählige Entladung der Gewitterwolke statt, so müssen durch die an der Erde und an den bei den betreffenden Stellen befindlichen Objecten stattgehabten Vertheilungen offenbar Rückschläge eintreten. — Einige merkwürdige Thatsachen, welche die Entstehung solcher Rückschläge nicht in Zweifel stellen, sind folgende:

Am 19. Juli 1785, Mittags zwischen 12 und 1 Uhr, brach in der Nachbarschaft von Goldstream ein Gewitter aus, während seiner Dauer ereignete sich in der Umgebung Folgendes:

Eine Frau, welche in der Nähe des Ufers Tweed Gras schnitt, fiel um, und fühlte dabei einen sehr heftigen Schlag am Fusse. — Der Schäfer der Meierei Lennel-Hill sah einige Schritte von sich entfernt ein Schaf umfallen, das vorher ganz gesund zu sein schien, nunmehr aber völlig todt blieb. — Zwei mit Steinkohlen beladene Karren wurden jeder von einem jungen Fuhrmann, vorn auf einem kleinen Sitze befindlich, geführt. Beide hatten kurz zuvor den Tweed durchfahren, und waren auf einer in der Nähe des Ufers dieses Flusses liegenden Anhöhe angekommen, als man ringsum einen heftigen Knall vernahm. In demselben Augenblicke sah der Fuhrmann des hintern Karrens den andern Karren, die beiden Pferde und seinen Kameraden zur Erde fallen. Der Fuhrmann und die Pferde waren todt. Ferner zeigte sich das Holz des Karrens an Stellen, wo Nägel und eiserne Beschläge waren, stark beschädiget; eine grosse Menge Kohlenstücke waren zerstreut umhergelegen und wie vom Feuer angefacht, am Boden waren an den Räderstellen zwei kreisförmige Löcher eingebohrt, die eisernen Reife der Radkränze zeigten Schmelzungen u. s. w. Trotzdem, dass alle diese Zerstörungen auf einen Blitzschlag hindeuten, so konnte doch kein Blitz von den in der Umgebung Befindlichen wahrgenommen werden“ [24].

Manche Thatsachen scheinen auch dafür zu sprechen, dass, während in der Atmosphäre Gewittererscheinungen auftreten, sowohl im Innern der Erde als an ihrer Oberfläche eigenthümliche Störungen sich kund geben, die sich durch wellenförmige Bewegung der Wassermassen stehender Gewässer von grosser Ausdehnung und sogar in dem Hervortreten von Wassermassen aus der Erde wahrnehmbar machen, so dass insbesondere durch Erscheinungen der letzteren Art nicht bloss Quellen, von deren Vorhandensein man sonst keine Spur hatte, hervorbrachen, sondern auch Ueberschwemmungen herbeigeführt worden sind, zu deren Eintreten das meteorische Wasser, welches während des Gewitterregens fiel, nicht ausreichen konnte.

Einige dieser Thatsachen, deren ARAGO (a. a. O.) viele aufweist, mögen hier angeführt zu werden verdienen.

Ein sichtbares Anschwellen und fortwährendes Aufwallen des Wassers wurde am Bord des Paketbootes New-York im April 1827 beobachtet, indem das Meer, während das Gewitter über dem Schiffe tobte, so starkes Aufwallen zeigte, dass man dasselbe durch mehrere unterirdische Vulkane hätte veranlasst glauben mögen. Man bemerkte sogar drei Wassersäulen, die sich in die Luft erhoben, dann schäumend zurückstürzten, und von Neuem emporstiegen, um wieder zurückzufallen.

„Am Monte d'Or gibt es ein sehr altes Gebäude, in seiner Mitte mit einem steinernen Becken, das aus einem einzigen Blocke gehauen ist und den Namen Cäsars-Becken führt. Es ist 3 Fuss weit und 4 Fuss tief. In seinem Boden bilden sich zwei Löcher, durch welche zwei aus der Erde kommende Wassersäulen unter Aufwallen hervorsprudeln, d. h. unter Erzeugung eines Geräusches, einer Art von Aufstossen, dessen Heftigkeit nach den oft wiederholten Beobachtungen des Dr. BERTRAND zur Zeit von Gewittern sich beträchtlich steigert. Auch die Bewohner des Thales hatten in dem Geräusche der in dem Cäsars-Becken hervorsprudelnden Quelle ein Anzeichen eines bevorstehenden Gewitters gefunden. Nach ihrer Aussage trügt dieses Zeichen niemals.“

Ein anderes merkwürdiges Factum wurde in einem artesischen Brunnen in der Nähe von Perpignan (Depart. der Ostpyrenäen) beobachtet. Dieser Brunnen gab anfänglich ein grosses Wasserquantum, letzteres nahm aber bald ab, was man der Ansammlung von Stoffen in dem unteren Theile des Loches und — nach dem Ausdrucke ARAGO's — der Bildung eines Pfropfes aus Erde zuschrieb. Während eines Gewitters hörte man eines Tages ein dumpfes unterirdisches Aufwallen, dem bald eine Explosion folgte, worauf der artesische Brunnen dieselbe Menge Wasser wieder lieferte, wie zuvor.

In der Nähe von Vicenza soll ebenfalls, nach TOALDO's Bericht, ein tiefer Brunnen sein, welcher beim Annähern eines Gewitters so stark aufwallt, und ein so starkes Geräusch hervorbringt, dass die Nachbarn darüber in Schrecken gerathen.

Eine plötzliche Ueberschwemmung richtete im Jahre 1755 in den meisten Theilen Piemont's entsetzliche Verwüstungen an. Während eines heftigen Gewitters trat nämlich der Po aus seinen Ufern, und man wollte das Anschwellen des Flusses den aus neu entstandenen Oeffnungen hervorbrechenden unterirdischen Gewässern zuschreiben [25].

Ob ähnliche Einflüsse, wie sie hier, als von den Gewittererscheinungen erzeugt behauptet werden wollen, auch auf irdische Objecte überhaupt stattfinden, und ob namentlich auch der Organismus der Pflanzen und Thiere hierdurch angeregt werde, möchte schwer zu entscheiden sein, selbst wenn Thatsachen aufgezählt werden könnten, die auf solche Einwirkungen hindeuten. Da nämlich schon vor dem Eintreten eines Gewitters gewöhnlich geringere oder schwächere und oft sogar gewaltige Störungen im Drucke und Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre sich kund geben, abgesehen von den bedeutenden Temperaturerhöhungen der Luft, die sich vor dem Eintreten eines Gewitters einstellen, so

mag es schwer sein, zu entscheiden, welchen Aenderungen in der Atmosphäre die an der Erdrinde, an Gewässern und mithin auch an den an der Erde befindlichen vegetabilischen und animalischen Organismen eintretenden Störungserscheinungen während eines Gewitters zuzuschreiben sind. — Das Zerspringen von Flaschen, die mit kohlensaurem Wasser gefüllt sind, kann ebenso gut stattfinden, wenn keine Gewittererscheinungen wahrnehmbar sind, als auch während eines Gewitters, und es möchte selbst dann noch gewagt sein, zu behaupten, dass Gewitter hiezu die Veranlassung geben, wenn das Zerplatzen solcher Flaschen häufiger bei Gewittern als sonst eintritt. Ebenso möchten vielleicht die Wirkungen, welche man an den Bäumen wahrnimmt, bei welchen man das Abschälen der Rinde bei einem Gewitter leichter vornehmen kann, und dass dieses sogar von selbst eintritt, und andere ähnliche Erscheinungen nur secundären Einflüssen zuzuschreiben seien, die nicht bloss während der Gewittertage, sondern auch zu anderen Zeiten, auftreten können.

Nur die durch wirkliche Entladungen eintretenden Wirkungen, mögen diese durch directe Entladungsströme, oder durch secundäre in der Luft sich ausbreitende Einflüsse hervorgebracht werden, können ausschlüsslich als elektrische angesehen werden. Dass aber solche auf eine grosse Ausdehnung sich erstrecken und selbst an Orten wahrgenommen werden können, wo keine eigentlichen Blitzschläge stattgefunden haben, möchte durch die chemischen und physiologischen Wirkungen, von denen oben die Rede war, ausser allen Zweifel gestellt sein.

Anmerkungen und Citate zu Kapitel II.

[1] Desaguliers hielt die Luft für elektrisch, weil sie den Körpern, die man durch Reiben elektrisirt, die elektrische Kraft nicht raubt. Sie theile den durch die Wärme aufgetriebenen Wassertheilchen ihre Elektricität mit, und treibe sie sogleich darauf wieder von sich. Der abstossenden Kraft, welche die Wassertheilchen deshalb auf einander ausüben, und innerlichen Feuerkraft der Luft schreibt D. die Ursache des Aufsteigens der Luft mit den Wassertheilchen zu, und erklärt sich auf diese Weise die Entstehung elektrischer Wolken, die ihr Wasser fallen lassen, sobald die Luft, in der sie schweben, eine schnelle Veränderung erleidet. Wenn nun die Ausdünstungen solcher Körper, die durch Reiben „entgegengesetzte Elektricitäten annehmen, aufsteigen, so haben auch die daraus entstehenden Wolken entgegengesetzte elektrische Kräfte.“ „Besteht eine Wolke aus Schwefeldünsten, die andere aus Salpeterdünsten, so werden sich diese Wolken an einander ziehen, und eine starke Gährung nebst Blitz und Donner erzeugen.“ (Fischer's Gesch. der Phys. V. 573—574 * aus Desaguliers, *Cours of experimental philosophy*. London 1734. 2 Vol. — Tome II. p. 357, 374 der französ. Ausgabe.) Diese Anschauungsweise, welche übrigens nicht ohne Widersprüche ist, beweist die Aehnlichkeit der Gewittererscheinungen mit der gewöhnlichen Elektricität nicht, da sie von vornherein annimmt, dass von der Erde aus die elektrischen Körper in die Atmosphäre kommen und dort ihre Elektricitäten ausgleichen, wenn die zu ihrem Emporsteigen und ihrer Ansammlung im Luftkreise nöthigen Umstände auch wirklich eintreten. — Aber die eigenthümliche Erklärung, welche D. über die Entstehung des elektrischen Lichtes im luftleeren Raume gibt, ist interessant. Man sehe hierüber Priestley's Gesch. d. Elektr. p. 43 *.

Dass aber Grey selbst eine Aehnlichkeit zwischen den gewöhnlichen elektrischen Erscheinungen und dem Blitze wirklich ahnte, und dieselbe schon früher als Nollet und Andere aussprach, geht aus folgendem Satze hervor, den wir der Geschichte der Elektricit. von Priestley unmittelbar entnehmen: „Und ungeachtet diese Wirkungen (Lichterscheinungen und Knistern beim Uebergange der Elektricität von einer eisernen Stange in eine Schüssel mit Wasser) anitzt nur noch gar gering — *in minimis* — sind, so wird doch, aller Wahrscheinlichkeit nach, mit der Zeit noch ein Weg ausfindig zu machen sein, eine grössere

Quantität des elektrischen Feuers zu sammeln, und mithin die Stärke dieser Kraft zu vermehren, welche, verschiedenen dieser Experimente zufolge, *si licet magnis componere parva*, mit der Beschaffenheit des Donners und Blitzes von gleicher Natur zu sein scheint." (PRIESTLEY's Gesch. d. El. p. 37 *, aus den *Philosoph. Transact. abridged.* Vol. VIII. p. 401.)

NOLLET spricht sich aber hierüber ganz bestimmt aus, indem er unter anderem sagt: „Sollte sich Jemand vornehmen, durch eine mit hinlänglichen Erscheinungen versehene Vergleichung zu beweisen, dass der Donner unter den Händen der Natur eben das sei, was die Elektricität unter den unsrigen ist, dass diese Wunder, damit wir jetzo nach unserem eigenen Gutdünken schalten, kleine Nachahmungen von denen starken Wirkungen sind, die uns so sehr erschrecken, und dass alles von einerlei Mechanismus herrühre (!): sollte man ferner zeigen, dass eine durch die Wirksamkeit der Winde, durch die Hitze, die Vermischung der Dünste etc. zubereitete Wolke, wenn sie einem irdischen Objecte gerade entgegenstehet, eben das sei, was der elektrische Körper bei der Gegenwart und einer gewissen Annäherung desjenigen ist, den man noch nicht elektrisirt hat; so gestehe ich, dass mir diese Meinung, wenn sie mit guten Gründen sollte unterstützt sein, ungemein wohl gefallen würde"; „Die allgemeine Gegenwart der elektrischen Materie, ihre schnelle Wirksamkeit, ihre Brennbarkeit (!) und ihre Kraft, andere Materien zu entzünden, die Eigenschaften, welche sie hat, die Körper äusserlich und innerlich bis auf ihre kleinsten Theile zu erschüttern; das ganz sonderbare Beispiel, welches wir von dieser Wirkung an dem Leydenschen Experimente haben; die Vorstellung, welche man sich billig davon machen kann, indem man dabei einen grösseren Grad der elektrischen Kraft voraussetzet"; „alle diese Stücke der Aehnlichkeit, die ich seit einiger Zeit in Ueberlegung gezogen, bewegen mich, nach und nach zu glauben, dass man sich von dem Donner und Blitze, wenn die Elektricität zum Muster genommen wird, weit richtigere und wahrscheinlichere Vorstellungen machen könne, als von allen dem, was man sich bisher eingebildet hat." (PRIESTLEY's Gesch. d. Elektr. p. 110 *, aus NOLLET, *Leçons de Phys.* Deutsche Uebers. IV. 730—732. M. s. auch hierüber: „Des Hrn. Abt NOLLET Vergleichung der Würkungen des Donners mit den Würkungen der Elektricität etc. Aus den *Mém. de l'Acad. Royal de Paris 1764.* Prag 1769. p. 21 *.)

[2] J. H. WINKLER. Von der Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefässen. Leipzig 1746. 8.
„ De avertendi fulminis artificio. Lips. 1753.

[3] Wenn auch schon Andere vor FRANKLIN, wie aus dem Vorhergehenden hervorgeht, die Aehnlichkeit des Blitzes mit den elektrischen Entladungserscheinungen mit Bestimmtheit vermutheten, und selbst schon WALL am Anfange des 18. Jahrhunderts das Licht und Knistern seines Bernsteins mit dem Blitz und Donner vergleicht (PRIESTLEY's Gesch. d. Elektr. p. 9 *), so war doch noch ein grosser Schritt, selbst wenn man annehmen wollte, dass FRANKLIN erst durch die Meinungen anderer Forscher auf den Gedanken über jene Aehnlichkeit gekommen sei, dahin, die Identität des Blitzes mit dem Entladungsfunken selbst nachzuweisen. FRANKLIN war der Erste, welcher nicht bloss die Mittel hiezu angab, sondern auch auf die schlagendste Weise diesen Beweis führte, und durch Andere ihn wiederholen liess. Der Gedanke aber, von den in der Elektricitätslehre bei seinen Versuchen gewonnenen Erfahrungen die Anwendung auf die Construction von Blitzableitern zu machen, oder wie NOLLET in seiner Weise sich hierüber ausdrückt, „den Blitz vom Himmel herab zu bringen, indem er (FRANKLIN) glaubte, dass spitzige eiserne Stangen, wenn sie in der Luft, zu der Zeit, wenn die Atmosphäre vom Blitze geladen war, aufgesteckt würden, die Materie des Donnerschlages aus derselben herabziehen", ist von Niemanden vor FRANKLIN ausgesprochen oder zur Anwendung vorgeschlagen worden. [Nicht uninteressant ist es aber zu bemerken, wie NOLLET, der die Entdeckungen FRANKLIN's nicht ohne einen gewissen Neid verfolgte, nachzuweisen versuchte, dass eine gewisse Art von Wetterableiter schon in frühen Zeiten in Gebrauch war. REIMARUS erzählt hierüber Folgendes: „Auf einem Bollwerke des Schlosses Duino in Friaul ist seit undenklichen Zeiten eine Pike aufgerichtet: wenn nun im Sommer ein Gewitter befürchtet wird, hält die Schildwache das Eisen einer zu diesem Ende daselbst bereiten Hellebarde (*brandistocco*) gegen das Eisen der Pike, und wenn viele Funken daraus faren oder an dessen Spitze ein Lichtstrahl ausströmet, wird eine Glocke angezogen, um den Fischern auf der Se eine Warnung vor dem Ungewitter zu geben." Nach allgemeiner Sage ist dieser Gebrauch daselbst sehr alt, und der P. IMPERATI hat schon in einem 1602 geschriebenen Briefe darauf gezielt, da er sagt: igne et hasta hi mire utuntur ad imbres grandines procellasque praesagiendas, tempore praesertim aestivo. (REIMARUS, Vom Blitze. p. 86—87 *, aus NOLLET: *Mém. de l'Acad. des Sc.* 1764. p. 445 *, während NOLLET jene Sage aus der *Lettera di Gio. Fortunato Bianchini, D. M. all' Acad. R. delle scienze di Parigi, intorno un*

nuovo fenomeno electrico da Udine adi 16. Dec. 1758 entnommen haben will.) Uebrigens möchte eine solche Operation, wie sie schon in alten Zeiten nach Nollet in Uebung gewesen sein soll, mit solchen Gefahren verbunden gewesen sein, dass dieselbe schon der Unfälle wegen, von denen sie begleitet gewesen waren, eine weit verbreitete Aufmerksamkeit erregt hätte.]

Dass Franklin nur durch seine Versuche allein auf die Identität des Blitzes mit den elektrischen Erscheinungen und hierdurch auf die Erfindung der Blitzableiter gekommen ist, beweisen die von ihm aufgestellten Grundsätze und Lehrmeinungen. Im Folgenden ist ein Auszug der von Franklin hierüber gemachten Mittheilungen, wie sie in der deutschen Uebersetzung von Priestley's Gesch. der Elektricität, p. 112—116 *, abgefasst und zusammengestellt sich finden.

Am Anfang seiner Nachricht von der Aehnlichkeit zwischen der Elektricität und dem Blitze warnt Franklin die Leser seiner Briefe, „sich durch den grossen Unterschied der Wirkungen, in Ansehung des Grades, nicht wankend machen zu lassen, indem sonst in Ansehung ihrer inneren Beschaffenheit selbst weiter keine Unähnlichkeit stattfände." „Es ist gar kein Wunder", sagt er, „wenn die Wirkungen des einen viel grösser sind, als die Wirkungen des anderen. Denn wenn zwei elektrische Flintenläufe auf zwei Zoll weit einen Eindruck verursachen, und einen lauten Knall hervorbringen: wie unendlich viel weiter müssen nicht hunderttausend Morgen elektrischer Wolken treffen, und ihre Feuer von sich geben, und wie laut muss nicht der Knall davon sein!" — Die Hauptsätze Franklin's waren folgende:

1) „Man sieht gemeiniglich, die Blitze in der Luft krumm herum und wellenförmig laufen. Eine gleiche Bewandniss hat es allemal mit dem elektrischen Funken, wenn derselbe aus einem irregulären Körper in einiger Distanz hervorgelockt wird."

2) „Blitze treffen die höchsten und spitzigsten Gegenstände auf ihrem Wege weit eher, als andere, als: hohe Hügel und Bäume, Thürme, Spitzsäulen, Schiffsmaste, Spitzen von Lanzen u. dgl. Gleichergestalt pflegen auch alle spitzigen Leiter das elektrische Fluidum weit geschwinder in sich zu nehmen, oder von sich zu lassen, als diejenigen, welche sich in breite Oberflächen endigen."

3) „Man bemerkt, dass der Blitz den leichtesten und besten Leiter angreift. Ein Gleiches thut die Elektricität bei der Leydener Flasche." Nach Franklin sei es daher sicherer, bei einem Donnerwetter nasse Kleider anzuhaben, als trockene!

4) „Der Blitz sengt, ebenso wie die Elektricität." „Franklin versichert, dass er damit hartes trockenes Harz, unerwärmten Spiritus, und sogar Holz habe in Brand bringen können." Schiesspulver habe er bloss dadurch gezündet, dass er es in eine Patrone fest eingestampft, in jedes Ende derselben spitzige Drähte in einem halben Zoll Entfernung hineingesteckt habe, und den elektrischen Schlag durchgehen liess.

5) „Der Blitz bringt bisweilen Metalle zum Schmelzen. Ein Gleiches thut die Elektricität."

6) „Der Blitz zertrennt einige Körper; ein Gleiches thut die Elektricität." Das Durchlöchern eines Buches Papier durch einen elektrischen Funken, das Zerspalten von Holz, Ziegelsteinen etc. durch den Blitz werden hier als Beispiele aufgeführt, und zugleich die Ansichten Franklin's über das Eintreten heftiger mechanischer Wirkungen auseinander gesetzt.

7) „Man weiss, dass Personen vom Blitze öfters blind geworden sind; und eine Taube war nach einem heftigen elektrischen Schlage, wodurch Franklin dieselbe zu tödten Willens war, ebenfalls blind geworden."

8) „Der Blitz zerstört das thierische Leben." Durch den elektrischen Schlag hat Franklin ein Huhn und eine indianische Henne von zehn Pfund Gewicht getödtet.

9) „Magnete verloren entweder durch den Blitz ihre Kraft, oder ihre Pole wurden verkehrt." „Ein Gleiches bewerkstelligte (wie durch viele hier aufgeführte Versuche nachgewiesen wird) Franklin an Nadeln durch den elektrischen Entladungsschlag."

10) „Um die Gleichheit des elektrischen Fluidum mit der Materie des Blitzes auf die möglichst vollständigste Art zu beweisen, erfand Franklin, so bestürzend es auch muss ausgesehen haben, ein Mittel, den Blitz vom Himmel herab zu bringen", und stellte mit Hülfe desselben unmittelbar elektrische Versuche an, indem er die Wolken als Elektricitätsquellen benützte.

[4] Priestley's Gesch. d. Elektric. p. XXVII * d. Vorrede. Fischer's Gesch. d. Phys. V. 577 *.
[5] Priestley's Gesch. d. Elektric. p. 206—208 *.
[6] A. a. O.; ferner Fischer's Gesch. d. Phys. V. 589 * u. f. S.
[7] Arago. IV. 25 * u. f. S.
[8] Reimarus. Vom Blitze. p. 30 *.

[9] Pogg. Ann. LIV. 98*.
[10] Pogg. Ann. LXVI. 548*.
[11] Arago. IV. 48*.
[12] Berl. Ber. IX. 618*.
[13] *Mém. d. l. Soc. d. Cherbourg.* II. 49, 381.
[14] Arago. IV. 67* u. f. S.
[15] L. F. Kämtz. Lehrbuch der Meteorologie. 3 Bde. Halle 1831—1836. 8. II. 436*.
[16] Arago. IV. 202*.
[17] Muncke's phys. Wörterb. II. 572*.
[18] Kämtz's Meteorologie. II. 435*. Es scheint, dass die von Arago a. a. O. p. 182 über die Entstehung der zickzackförmigen Blitze gegebene Erklärung zur Unterstützung der von Kämtz aufgestellten Hypothese dienen könnte.
[19] Man sehe hierüber: du Moncel, *Théorie des éclairs. Inst.* 1854. p. 47—48*.
[20] Reimarus. V. Blitze. p. 111*, 201*.
[21] Arago. IV. 173*, 175*.
[22] Riess' Elektr. II. 534*. Priestley's Gesch. d. Elektr. p. 478*.
[23] Reimarus. V. Blitze. p. 39*, 41*.
[24] Arago. IV. 116*.
[25] Arago. IV. 111*.

Kapitel III.

Von der Construction und Anordnung der Blitzableiter.

§. 27. Erfahrungen über die Wirkung des Blitzableiters.

Nachdem wir in dem Vorausgehenden die Bedingungen näher festgestellt haben, welche ein langer Leiter besitzen muss, um als Schliessungsleiter eines elektrischen Entladungsstromes keinerlei Einwirkungen zu erfahren und sowohl im Zustande des Elektrischwerdens als auch während des Eintretens einer Entladung auf andere ihn umgebende Körper keine Wirkungen auszuüben, so wollen wir nunmehr ene Grundsätze auf die Construction der Blitzableiter anzuwenden suchen.

Unter einem Blitzableiter wollen wir von jetzt an ein System von Leitern verstehen, das vollkommen unisolirt an einem Gebäude, und dieses weit überragend in passender Weise aufgeführt ist, und im Allgemeinen an seinem oberen Ende in eine geeignete Spitze ausgeht.

Dieses Leitungssystem soll nun, wenn eine Wolke über das Gebäude hinwegzieht oder in seine Nähe kömmt, das Elektrischwerden des letzteren ganz und gar aufheben, und jede an ihm eintretende Ladung wirkungslos machen.

Es geht aus den schon früher gegebenen Erörterungen hervor, dass, wenn der Blitzableiter hoch genug ist und alle angegebenen Bedingungen erfüllt, die Einwirkung einer elektrischen Wolke auf ihn mit grösserer Wahrscheinlichkeit auftreten müsse, als auf andere entferntere Leiter, welche ausserdem die Bedingungen nicht erfüllen. Wissen wir ja, dass, wenn zwei Körper, z. B. eine leitende und eine aus einem schlechten Leiter bestehende Kugel in die Nähe des Conductors einer in Thätigkeit befindlichen Elektrisirmaschine gebracht werden, der gute Leiter sogleich die stärkste elektrische Influenz erfahren kann, während der schlechte Leiter nur wenig afficirt wird. Uebrigens wurde die Einwirkung der Gewitterwolken auf Ableiter auch sogar durch Versuche nachgewiesen. — Zu den merkwürdigsten gehören die, welche von de Romas zu Nerac und von Charles zu Paris gemacht wurden.

De Romas wendete einen Drachen an, der sieben und einen halben Fuss Höhe und drei in der Breite hatte. Die Schnur bestand aus einem Bindfaden von Hanf, mit einem Eisendrahte durchflochten, und war am unteren Ende mit einer trockenen Seidenschnur versehen. Als de Romas am 7. Juni 1753 um 1 Uhr Nachmittags diesen Drachen an einer Schnur von 780 Fuss Länge, die ungefähr einen Winkel von 85° mit dem Horizonte machte, bis zu einer Höhe von 550 Fuss aufsteigen liess, zog er aus seinem Conductor Funken von 3 Zoll Länge und 3 Linien Dicke, deren Krachen man 200 Fuss weit hören konnte. Hiebei zeigten sich ihm, obgleich er 3 Fuss von dem Drahte entfernt war, die eigenthümlichen physiologischen Ladungserscheinungen, als ob ein Spinngewebe über seinem Gesichte ausgebreitet wäre. Er konnte hiebei aber weder Donner noch Blitz irgendwo in der Umgebung wahrnehmen. Als sein Drache durch den eingetretenen Westwind noch 100 Fuss höher gehoben worden war, zeigten sich Blitzesentladungen von 8 Zoll Länge und 5 Fuss Durchmesser mit drei sehr starken donnerähnlichen Explosionserscheinungen, während im Erdboden unterhalb der blechernen Röhre, die als Conductor diente, ein Loch von sehr grosser Tiefe und $1/2$ Zoll Breite bemerkt wurde.

Bei einem am 28. August 1756 angestellten Versuche sah man Feuerströme von 10 Fuss Länge und 1 Zoll Dicke, und zwar ohngefähr 30 in der Stunde, ohne die Tausende, welche eine Länge von 7 Fuss und weniger hatten.

Bei allen diesen Versuchen blieben Donner und Blitze aus. Aehnliche Versuche wurden von Charles angestellt, und es wird von diesem behauptet, dass Blitzableiter, errichtet auf hohen Thürmen, z. B. dem Strassburger Münster, dessen Höhe 437 Fuss beträgt, den Gewitterwolken eine grosse Menge von Elektricität zu entziehen vermögen, so dass nach der Meinung Charles' es erlaubt sei zu glauben, dass, wenn die Zahl der Blitzableiter auf der ganzen Fläche Frankreichs vervielfältiget würde, diese auch der Erzeugung des Hagels Eintrag thun sollten (?) [1].

Directe Versuche über die Wirkung der Blitzableiter wurden in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts vielfältig angestellt; sie waren insbesondere dazu bestimmt, die irrigen Meinungen über die problematische Wirkung der Franklin'schen Apparate zu vernichten, indem unter Anderen, welche der Errichtung von Blitzableitern nicht unbedeutende Hindernisse in den Weg stellten, leider auch solche waren, wie z. B. Nollet, welche die ersten Anregungen zur Erfindung der Blitzableiter gaben.

Die gründlichsten Versuche hierüber sind von Beccaria angestellt worden. An zwei von einander sehr entfernten Stellen des Pallastes Valentino zu Turin liess Beccaria zwei dicke und steife Metalldrähte anbringen, die geeignet isolirt waren. In geringer Entfernung von jedem dieser Drähte befand sich ein anderer Draht, der an der Mauer herab und ziemlich tief in den Erdboden hineinging. Durch diese Anordnung waren also Auffangstangen und Ableiter von einander isolirt, und es mussten so die Wirkungen des Blitzableiters zu Tage kommen, wenn solche überhaupt eintreten sollten. Es war dies auch wirklich der Fall; denn zur Zeit eines Gewitters sprangen lebhafte Funken zwischen je einem isolirten Drahte und dem zugehörigen Ableitungsdraht über, und zwar von solcher

Zahl, dass Auge und Ohr kaum im Stande waren, die Unterbrechungen der vielen aufeinander folgenden Lichtblitze und der aufeinander folgenden Geräusche zu unterscheiden. Auf diese Weise wurde also gründlich die Wirkung der Blitzableiter mit hohen Auffangstangen nachgewiesen, und es lassen sich also auch leicht die Wirkungen der Blitzschläge beurtheilen, die durch andere Leiter eintreten würden, wenn diese nicht in ähnlicher Weise, wie ein Blitzableiter eingerichtet wären. — Eine einfache Auseinandersetzung hierüber stellte Arago an: dass ein Funke der obigen Art schmerzhaft gewesen wäre, zehn Funken den Arm gelähmt, und hundert einen niederschmetternden Schlag gebildet hätten, erörtert Arago, könne wohl nicht bezweifelt werden. So viele, nämlich hundert Funken erschienen aber in nicht weniger als zehn Secunden; es ging also jedesmal in zehn Secunden von einem Drahte zum anderen „eine Quantität Blitzstoff" über, die einen Menschen hätte tödten können. Während eines Gewitters entzogen also die Metallstangen des Palastes Valentino den Wolken eine Elektricitätsmenge, durch deren Entladungsschlag 720 Menschen hätten getödtet werden können. Da aber jener Pallast mit sieben pyramidalischen und mit Metallblechen bedeckten Dächern versehen, die durch die Traufrinnen mit der Erdoberfläche leitend verbunden waren, am Gipfel einer jeden solchen Pyramide aber eine hoch über das Gebäude hervorragende Spitze hatte, so könnte man annehmen, dass der Valentinische Pallast in einer Stunde so viel Elektricität vernichtet habe, als ausreichend gewesen wäre, um mehr als dreitausend Menschen zu tödten [2].

Nachdem von den älteren Physikern alle irrigen Meinungen über die zweifelhafte und sogar schädliche Wirkung der Blitzableiter glücklich beseitiget worden waren, musste denjenigen Meinungen gehörig begegnet werden, welche die von Franklin vorgeschlagene Form zweifelhaft machten. Einer der grössten Gegner der Franklin'schen Apparate war Wilson [3], indem er nicht bloss behauptete, dass die Auffangstangen wirkungslos, die von aussen am Gebäude angebrachte Ableitung aber sogar gefährlich für jenes werden könnte. Er hatte deshalb gerathen, den Blitz nicht durch aufgerichtete Stangen einzuladen, sondern vorgeschlagen, die äusseren Ableiter ganz zu vermeiden, und nur innen unter dem Dache abgerundete Metallstangen anzubringen, und diese leitend mit dem Erdboden zu verbinden. Derartige Ansichten, die nicht bloss von Wilson, sondern auch von anderen Zeitgenossen dieses Franklin'schen Feindes verbreitet wurden, sind jedoch so ungereimt, dass selbst Nichtphysiker dieselben als lächerlich finden mussten, und es ist gewiss diese Frage, ob man den Blitzableiter innerhalb eines Gebäudes anbringen solle, genügend mit dem Ausspruche eines bekannten Satyrikers beantwortet, in welchem er sagt: „Unter den vornehmen Herrn gibt es manche, denen man sich nur mit der grössten Vorsicht nähern darf; zu diesen aber gehört ganz entschieden der Blitz." — Die von Wilson über die beste Form der Blitzableiter gemachten Vorschläge wurden jedoch von der im Jahre 1772 niedergesetzten Commission, bestehend aus Franklin, Cavendish, Watson, Robertson und Wilson, um das Pulvermagazin von Purfleet mit Blitzableitern zu versehen, nicht angenommen, und sogar dargethan, dass die zugespitzten Auffangstangen nothwendig seien. Trotzdem gelang es dem Gegner Franklin's,

die politischen Zustände jener Zeit benutzend, seine Ansichten bei König Georg III. geltend zu machen, so dass nicht bloss die Entfernung der Franklin'schen Apparate von einigen Wohnungen auf kurze Zeit zu Stande kam, sondern ihm sogar Mittel gewährt wurden, um in dem Pantheon zu London Versuche im November 1777 anstellen zu können, die zu den grossartigsten gehörten, obgleich sie nichts weniger als ausreichten, um die irrigen Meinungen Wilson's zu bestätigen. Eine aus Cavendish, Watson, Mahon, Nairne, Henley und Priestley von der *Royal society* niedergesetzte Commission rieth daher auf das Entschiedenste, die Blitzableitereinrichtung den von Franklin aufgestellten Principien gemäss anzufertigen.

Directe Versuche über die Wirkung der Spitzen bei Blitzableitern wurden von Nairne, jedoch schon viel früher von Beccaria angestellt, und es sind die von diesem Forscher erhaltenen Resultate vollkommen ausreichend, um über die Wirkung der spitzigen Ableiter zu entscheiden.

Beccaria stellte nämlich im Jahre 1753 auf dem Dache der Kirche San-Giovanni di Dio zu Turin eine Eisenstange auf isolirende Stützen, die an ihrem obersten Ende mit einer drehbaren Spitze versehen war, welche letztere mittelst einer Seidenschnur nach Belieben gegen den Himmel oder nach der Erde gerichtet werden konnte. In geringem Abstande von dem unteren Ende der Stange war der Anfang des Leiters. „Wurde die Spitze gesenkt, so gab der Apparat keine Funken; wandte man plötzlich die Spitze gen Himmel, so zeigten sich wenige Augenblicke nachher Funken, und blieben wiederum aus, sobald man die Spitze auf's Neue gegen die Erde richtete.“ Bei gewissen atmosphärischen Verhältnissen zeigte der Apparat bei beliebiger Stellung der Spitze Funken, die stärksten und zahlreichsten aber erschienen, wenn die Spitze nach oben gekehrt war“ [4].

Diese Versuche bestätigen also vollkommen alles das, was aus der theoretischen Elektricitätslehre über die Spitzenwirkung bekannt geworden, was oben (§. 7) über dieselbe gesagt worden ist, und bieten den entschiedensten Beweis für die Vortheile der spitzigen Auffangstangen. Es können daher die über die beste Form der Blitzableiterstangen bis zur neueren Zeit noch stattgehabten Zweifel als unnöthig angesehen, vielmehr kann Alles, was die Experimentaluntersuchungen über die Spitzenwirkungen und andere hieher gehörige Fragen festgestellt haben, als maassgebend betrachtet werden.

§. 28. Ueber die Wahl des Materiales für Blitzableiter.

Ehe wir die Construction des Blitzableiters in seinen einzelnen Theilen näher betrachten, ist es nöthig zu untersuchen, ob irgend ein Metall für die Leitung geeignet ist, und welche Umstände überhaupt bei der Auswahl des Leitungsmateriales maassgebend sein müssen. Wir haben oben erörtert, dass eine fehlerfreie Ableitung, abgesehen von allen anderen Umständen, so angeordnet und eingerichtet sein muss, dass eine Wirkung an irgend einem Theile derselben durch die stärksten Entladungsströme, wie sie bei Gewittern je vorkommen können, nie einzutreten vermag. Da nun die eine Leitung beein-

trächtigenden Wirkungen zum grössten Theile von zu starken Erwärmungen herrühren können, so hat man vor Allem bei der Auswahl des Blitzableitermateriales auf die über die Wärmewirkungen erlangten Thatsachen und Gesetze Rücksicht zu nehmen. Geht man von diesen Thatsachen und Gesetzen aus, so werden sich die meisten der übrigen Bedingungen, welche von einer vortheilhaften Leitung zu erfüllen sind, von selbst ergeben. Die sämmtlichen Anforderungen, welche man an eine vortheilhafte Leitung stellen könnte, möchten, wenn wir auf den obersten und untersten Theil des Blitzableiters jetzt noch keine Rücksicht nehmen, die folgenden sein:

1) Muss die Leitungsfähigkeit der metallenen Leitung gross genug sein, um bei mässiger Dicke unter keinerlei Umständen eine wahrnehmbare Wärmewirkung zu erfahren.
2) Soll die Leitung geschmeidig genug und überhaupt so leicht aufzustellen und anzulegen sein, dass zur Einrichtung derselben die einfachsten Mittel ausreichend sind.
3) Schadhafte Stellen sollen leicht ausgebessert und durch neue Leitungsstücke ersetzt werden können, ohne dass dabei die ganze Leitung irgend wie beeinträchtiget wird.
4) Das Leitungsmaterial soll durch Einwirkung von schwächeren oder stärkeren elektrischen Entladungsströmen sowohl, als auch durch eintretende Abkühlungen oder Erhitzungen an einzelnen Stellen etc. keinerlei Aenderung in seinem Gefüge erleiden, und zu allen Zeiten nahezu dieselbe Dehnbarkeit und ausreichende Festigkeit behalten.
5) Die Kosten einer brauchbaren Leitung sollen in einem passenden Verhältnisse zu den Auslagkosten des Gebäudes etc. stehen, für dessen Schutz sie bestimmt ist.

Um über die Zweckmässigkeit einer Leitung zu entscheiden, wollen wir daher vor allem die aus der Erfahrung bekannt gewordenen Thatsachen zu benutzen suchen. — Es ist bis jetzt kein Fall bekannt, in welchem cylindrisches Rundeisen von 5 bis 6 Par. Linien Dicke durch Einwirkung eines sogenannten Blitzschlages wahrnehmbar erwärmt worden ist. Nehmen wir daher an, dass ein Blitzableiter aus Rundeisen die Dicke von 6 Par. Linien haben müsse, so können wir über die Wahl des Blitzableitermateriales leicht entscheiden. Aus den in §. 17 gegebenen Erörterungen geht hervor, dass für zwei Leitungsdrähte von gleicher Länge, wenn sie dem Entladungsstrome gleichen Widerstand entgegensetzen sollen, die Dicken derselben sich ebenso verhalten müssen, wie die Quadratwurzeln ihrer specifischen Leitungswiderstände.

Wenn also λ_1 und ϱ_1 beziehungsweise den specifischen Leitungswiderstand und die Dicke eines Drahtes, λ_2 und ϱ_2 dieselben Grössen für einen zweiten Draht bedeuten, so muss, wenn beide als Schliessungsleiter eines Entladungsstromes eingeschaltet, bei gleichen Längen gleiche Widerstände darbieten sollen,

$$\frac{\lambda_1}{\varrho_1^2} = \frac{\lambda_2}{\varrho_2^2},$$

also

$$\varrho_2 = \varrho_1 \sqrt{\frac{\lambda_2}{\lambda_1}}$$

sein. Setzt man in diesem letzten Ausdrucke nach und nach für λ_2 die specifischen Leitungswiderstände der in §. 18 angegebenen Metallsorten ein, und nimmt $\lambda_1 = 6{,}13$ den specifischen Leitungswiderstand des Eisens, setzt sodann einmal $\varrho_1 = 5$ Par. Linien, hierauf $\varrho_1 = 6$ Par. Linien, so ergeben sich für die Dicken von Blitzableitern gleicher Längen die folgenden entsprechenden Werthe:

a)				b)			
Eisendraht	5	Par. L.		Eisendraht	6	Par. L.	
Kupferdraht	1,997	„	„	Kupferdraht	2,42	„	„
Messingdraht	3,937	„	„	Messingdraht	4,724	„	„
Zinkdraht	3,879	„	„	Zinkdraht	4,656	„	„
Platindraht	5,212	„	„	Platindraht	6,254	„	„
Bleidraht	6,475	„	„	Bleidraht	7,770	„	„
Neusilberdraht *	6,849	„	„	Neusilberdraht *	8,218	„	„
Silberdraht	1,851	„	„	Silberdraht	2,221	„	„
Kadmiumdraht	3,567	„	„	Kadmiumdraht	4,280	„	„

* Der Leitungswiderstand des Neusilberdrahtes wurde hiebei gleich 11,5 angenommen.

Mit Berücksichtigung dieser Werthe und der unten für die mittleren Dichten obiger Metallsorten angenommenen Zahlen kann man nun leicht das Gewicht der Länge eines Par. Fusses Blitzableiterdrahtes irgend eines der oben genannten Metalle berechnen. Nimmt man nun auf die gegenwärtigen Preise jener verschiedenen Metallsorten, und zwar der zum Gebrauch geeignetsten, Rücksicht, und nimmt an, dass 1 bayr. Pfund (gleich 560 Gramm)

Schmiedeeisen	—	Fl.	12	Kr.
Kupferdraht	1	„	30	„
Messing (Drahtseil)	1	„	15	„
Zinkdraht	1	„	12	„
Verzinkter Eisendraht	—	„	24	„
Blei	—	„	15	„
Neusilber	2	„	30	„

koste, so kann man auch leicht den Preis von 1 Par. Fuss Blitzableiterdraht einer der vorstehenden Metallsorten aufsuchen. Führt man diese Zahlenrechnungen aus, so erhält man die in der nachstehenden Tabelle zusammengestellten Werthe:

Blitz-ableiter-Material.	Dichte des betreffenden Drahtes etc.	Gewicht von einem Par. Fuss Blitzableiterdraht der Sorte *a* *.		Gewicht von einem Par. Fuss Blitzableiterdraht der Sorte *b* *.		Preis eines Par. Fusses Blitzableiterdraht der Sorte *a*.					Preis eines Par. Fusses Blitzableiterdraht der Sorte *b*.				
						24½ Gulden-Fuss.		14 Thaler-Fuss.			24½ Gulden-Fuss.		14 Thaler-Fuss.		
		Pariser Pfund.	Gramm.	Pariser Pfund.	Gramm.	Fl.	Kr.	Thlr.	Sgr.	Pf.	Fl.	Kr.	Thlr.	Sgr.	Pf.
Eisen . . .	7,75	0,514	251,5	0,740	362,1	—	$5^2/_5$	—	1	$3^2/_3$	—	$7^4/_5$	—	2	$2^4/_5$
Kupfer . .	8,89	0,096	46,8	0,138	67,8	—	$7^1/_2$	—	2	$1^5/_7$	—	10,9	—	3	1,4
Verzinkt. Eisendraht **	(6,0–6,5)	0,514	251,5	0,740	362,1	—	$10^4/_5$	—	3	1	—	$15^1/_2$	—	4	5,1
Blei	11,40	1,210	592,4	1,825	893,2	—	15,9	—	4	$6^1/_2$	—	23,9	—	6	10
Zink . . .	7,00	0,279	136,7	0,402	196,9	—	$17^3/_5$	—	4	10,9	—	25,3	—	7	2,8
Messing .	8,34	0,343	167,8	0,493	241,6	—	$22^1/_2$	—	6	5,1	—	32,4	—	9	3,1
Neusilber	8,51	1,058	518,0	1,524	746,0	2	18,8	1	9	8	3	19,8	1	27	1

* Unter der „Sorte *a*“ sind hier die Metalldrähte von derjenigen Dicke verstanden, die in der vorstehenden Tabelle in der Spalte *a* enthalten sind, und die in Bezug auf den Leitungswiderstand einem Eisendrahte von 5 Par. L. Dicke äquivalent sind, während die Dicken der Metalldrähte von der Sorte *b* so vorausgesetzt sind, dass sie einem Eisendrahte von 6 Par. Linien Dicke entsprechen.

** Der Preis einer Ableitung aus verzinktem Eisendrahte wird sich etwas billiger herausstellen, als hier angegeben wurde, da die Leitungsfähigkeit dieses Materiales etwas grösser, die Dichte aber kleiner ist als die des Eisens, während der obigen Rechnung für den verzinkten Eisendraht die Dichte und der Leitungswiderstand des Eisens zu Grunde gelegt wurden.

§. 29. Fortsetzung des Vorigen.

Betrachtet man die vorstehenden Zahlen, so möchte es nicht schwer sein, zu entscheiden, welche Metalle als Blitzableitermaterial sich am besten eignen. Berücksichtiget man nur die Geschmeidigkeit allein, so geht schon aus den oben für die Durchmesser von Drähten gleicher Leitungsfähigkeit gemachten Angaben hervor, dass ein Kupferdraht von etwa $2^1/_2$ Linien Dicke unter normalen Verhältnissen vollständig ausreicht, während unter denselben Umständen ein Messingdraht fast 5 Linien dick sein, ein Bleidraht gegen 8 Linien Dicke und in Form eines Streifens, wie diese von Reimarus und Anderen vorgeschlagen wurden, einen Querschnitt von 47 bis 48 Quadratlinien haben müsste, um durch Einwirkung des Entladungsstromes keine Aenderungen zu erfahren; in Beziehung auf die Anforderung der Geschmeidigkeit möchte daher der Kupferdraht vor allen übrigen Metallsorten den Vorzug verdienen. — Aehnliches möchte auch angenommen werden dürfen, wenn man auf das Gewicht der Leitung Rücksicht nimmt. Während nämlich 100 Fuss Normaldraht der zweiten Sorte aus Kupfer kaum 14 Pfund wiegen, so wiegen 100 Fuss des äquivalenten Messingdrahtes schon gegen 50 Pfund, aus Eisen 74 Pfund, vom Blei aber 182 Pfund, weshalb also für lange Leitungen in dieser Beziehung das Kupfer ganz entschieden den Vorzug verdient. Was nun die Kosten der Herstellung einer Ableitung betrifft, so geht aus dem Obigen hervor, dass 100 Fuss der stärkeren Leitung aus Eisen nur 13 Gulden, aus Kupfer $18^1/_6$ Fl., aus Blei gegen 40 Fl., aus Messing aber $54^1/_3$ Fl. kosten, während ohnehin keines der beiden anderen Metalle für längere Leitungen sich eignet;

das Zink nicht, weil es unter sonst gleichen Umständen der 2. am Anfange des vorigen Paragraphes angegebenen Bedingung nicht entspricht, das Neusilber theils aus demselben Grunde, theils aber auch seines hohen Preises halber nicht benutzt werden kann. Das verzinkte Eisen aber erfordert zwar (nach obigen Angaben) die doppelten Ausführungskosten wie das gewöhnliche Eisen, ist aber unter allen sonstigen Umständen vortheilhafter wie dieses und jedes der übrigen unter den genannten Metallen.

Fasst man die übrigen Umstände, welche die Auswahl eines Leitungsmateriales erfordern, in's Auge, so gelangt man ebenfalls zu denselben Resultaten. Eine schadhaft gewordene Strecke einer Leitung lässt sich nämlich durch ein neues Stück leichter bei einer dünneren drahtförmigen Leitung aus einfachem Drahte ersetzen, als bei einer aus dünneren oder dickeren Stangen oder Drahtgeflechten bestehenden. Da nun der Kupferdraht für gewöhnliche Fälle kaum $2\frac{1}{2}$ Linien zu sein braucht, und nur bei sehr langen Leitungen dicker genommen werden muss, so möchte auch aus diesem Grunde die Leitung aus Kupferdraht jeder anderen vorzuziehen sein.

Ausserdem bietet der Kupferdraht auch die nöthige Dauerhaftigkeit, erleidet durch Einwirkung atmosphärischer Einflüsse an seiner Oberfläche und in seinem Gefüge wenig Aenderungen.

Eine andere Frage endlich ist die, welche die Einwirkung von wiederholt eintretenden elektrischen Entladungsströmen auf die Leitung betrifft, und die die Festigkeit des Drahtmateriales nach kürzerer oder längerer Zeit beeinträchtigen kann. Die Beantwortung dieser Frage kann aber erst dann mit Sicherheit vorgenommen werden, sobald eine genügende Anzahl von Erfahrungen hiefür vorhanden ist. Wir wollen es versuchen, auch diese Frage so weit als diess die gegenwärtig bekannten Thatsachen zulassen, in Erwägung zu ziehen.

Seit der Einführung der Blitzableiter hat man für die längeren Leitungsstrecken bis jetzt die folgenden Metalle verwendet:

1) Eisen in Form von Drähten, Stangen, Drahtgeflechten und Ketten.
2) Bleistreifen.
3) Messing in Form von Seilen, die aus über einander gewundenen innig mit einander in Berührung stehenden Drähten oder Drahtlitzen bestehen.
4) Kupferdrähte.

Von dem verzinkten Eisendrahte hat man meines Wissens bis jetzt noch keine Anwendung gemacht. Dass man ferner das Eisen nicht in einfacher Drahtform anwenden kann, geht aus den obigen Resultaten hervor; dass Ketten hiefür nicht geeignet sind, wurde durch Thatsachen, die bei einer früheren Gelegenheit in Erwähnung kamen, bestätiget, und ebenso wurde schon nachgewiesen, dass das Blei, wenn die Leitung richtig und sachgemäss angeordnet sein soll, für Blitzableiter durchaus unbrauchbar ist.

Unter den oben erwähnten Blitzableitermaterialien bleiben daher nur noch das Eisen in Stangen und Seilform, die Messingdrahtseile und die Kupferdrähte übrig.

Unter diesen hat das Eisen die grösste Festigkeit gegen Traction, die des Messings beträgt beiläufig nur $\frac{3}{5}$, die des Kupfers aber nur etwa $\frac{1}{2}$ von der des

Eisens. Diese beiden letztern Materialien haben also nahezu gleiche Festigkeit, das Gewicht einer fehlerfreien Messingdrahtleitung beträgt aber fast das Fünffache von der einer sichern Leitung aus Kupfer, und der Preis der letzteren ist nur der dritte Theil von der einer gleich guten Leitung aus Messing.

Die Erfahrung hat aber an vielen Orten, wo Messingdraht als Blitzableitermaterial verwendet worden ist, dargethan, dass derselbe nach kürzerer oder längerer Zeit brüchig wird, sein Gefüge ändert, nämlich nach längerem Gebrauche ein krystallinisches Gefüge annimmt, und in Folge dieser Veränderung seiner Structur durch jede heftige mechanische Anregung in Stücke zertheilt werden kann. Diese Thatsache hat sich mehrfach und namentlich an messingenen Drahtseilen, die für Blitzableiter in Braunschweig, in Darmstadt, in St. Gallen angewendet wurden, so wie durch directe Versuche mit Messingdrähten in England hinlänglich bestätiget, wie Schafhaütl schon vor längerer Zeit hierüber Bericht erstattete [5]. Derlei Erfahrungen hat man in neuester Zeit auch an anderen Orten viele zu machen Gelegenheit gehabt.

Diese Veränderungen möchten zum grössten Theile den grossen Temperaturschwankungen und den hiedurch erzeugten Verlängerungen und Verkürzungen, denen die Leitung ausgesetzt ist, und zwar nicht bloss im Laufe des Jahres, sondern auch, und zwar insbesondere dem rasch eintretenden Temperaturwechsel und der an verschiedenen Stellen der Leitung in ein und demselben Augenblicke zuweilen stattfindenden nicht unbedeutenden Temperaturdifferenz zuzuschreiben sein, wie z. B. eine solche im Winter an zwei Stellen eintreten kann, von welchen die eine in der Nähe eines Kamines, die andere Stelle der Leitung an einem Dachgiebel oder an der Auffangstange sich befindet.

Es scheint übrigens, dass bei manchen der oben erwähnten Drahtseile auch die Dicke zu gering war, und dass diese wirklich entweder durch thermoelektrische Ströme oder auch durch schwächere Entladungsströme wiederholte Erwärmungen erfahren haben, so dass nach und nach ein Brechen der Drähte eintreten musste. — Dass die älteren Drahtseile wirklich zu dünn waren, lässt sich leicht nachweisen. Bekanntlich wurden zuerst in Bayern Drahtseile für Ableiter vorgeschlagen, und zwar von Epp die Ableiter aus geflochtenem Eisendraht [6], von Imhof solche aus Messing, wie sie auch schon seit dem Jahre 1795 von diesem Physiker angewendet wurden [7] und noch gegenwärtig im Gebrauche sind.

Imhof wendete zuerst Drahtseile von 3 bayr. L. (2,7 Par. L.) Dicke an, eine Dicke, die gegen die oben gefundene normale für kurze Leitungen um mehr als 1 Linie, gegen die für längere Leitungen um mehr als 2 Linien zu gering ist.

Yelin schlug Drahtseile vor, von denen 10 bayr. Fuss 1 Pfund wiegen [8], also 1 Par. Fuss beiläufig 50 Gramm, während für gewöhnliche Leitungen nach obiger Tabelle das Gewicht eines Par. Fusses mindestens 167 Gramm, also mehr als das Dreifache von jenem Gewichte betragen muss. In neuester Zeit verwendet man Drahtseile, von welchen 7 b. Fuss auf 1 bayr. Pfund gehen, also 1 Par. Fuss etwa 72 Gramm wiegt, ein Gewicht, das gegen die normalen Angaben noch um mehr als das Doppelte zurückbleibt, und Aehnliches findet man auch bei den im Jahre 1850 als beschädigt gefundenen Seilen in Braunschweig und Darmstadt, während das auf dem neuen Bürgerspital zu St. Gallen (s. a. a. O.) beschädigte

Drahtseil eine ausreichende Dicke gehabt zu haben schien. Dass übrigens dünne Messingdrähte, wenn sie als Schliessungsleiter von VOLTA'schen sowohl, wie von elektrischen Entladungsströmen benutzt werden, nach kürzerer oder längerer Zeit brüchig und unbrauchbar werden, habe ich bei meinen über Minenzündungen angestellten Versuchen ebenfalls zur Genüge erfahren müssen [9]. Es scheint, dass auch der Kupferdraht durch Stromeswirkungen ähnliche Veränderungen erfahre; seine Festigkeit ändert derselbe, wie schon PELTIER [10] bemerkte, dem die oben genannten Eigenschaften des Messingdrahtes ebenfalls nicht entgangen waren, und von DUFOUR [11] in neuester Zeit durch directe Versuche bestätiget worden ist. Aus diesen Versuchen ging nämlich hervor, dass die Festigkeit eines versilberten Kupferdrahtes von $0^{mm},356$ Durchmesser, wenn der Strom eines BUNSEN'schen Elementes während 19 Tagen 7 Stunden ihn circulirte, von 6,9925 Kilogr. auf 2,898 Kilogr. zurückging, während die Festigkeit eines Eisendrahtes von $0^{mm},248$ Durchmesser unter denselben Umständen mit der Dauer des Stromes zunahm. Hienach wären also die eisernen Schliessungsleiter denen aus Kupfer ebenfalls vorzuziehen. Vielleicht möchten die verzinkten Eisendrähte, wie sie bei Telegraphenleitungen benutzt werden, auch in dieser Beziehung als vortheilhaft sich zeigen. — Jedenfalls geht aus obigen Resultaten hervor, dass die Anwendung dünner Drähte, aus Messing und Kupfer zu Drahtseilen geflochten, für Blitzableiter nicht als geeignet erscheinen dürfte. Ob auch dicke Kupferdrähte ähnliche Aenderungen erfahren, wie die oben erwähnten, geht aus den bisherigen Erfahrungen nicht hervor, da hier nur mit ein und derselben Drahtsorte experimentirt wurde, und zwar mit sehr dünnem Drahte *. Die Anwendung von Drahtseilen möchte nur dann für den in Rede stehenden Zweck zulässig sein, wenn das Seil aus einzelnen auf das Sorgfältigste gefertigten geflochtenen Drahtschnüren, die ebenfalls wieder zusammengeflochten oder sorgfältig übereinander schraubenförmig gedreht werden, angefertiget wird. Der Preis solcher brauchbarer Drahtseile ist aber viel zu hoch (so z. B. ist bei verzinkten Eisendrähten der Preis der Schnüre etwa das Zwanzigfache von dem des einfachen und dicken Drahtes), als dass ihre Anwendung bei Blitzableitern in Aussicht gestellt werden kann.

Fassen wir daher die bis jetzt gewonnenen Resultate kurz zusammen, so ergibt sich, dass für lange Leitungen sich entweder nur Eisen oder Kupfer oder auch verzinktes Eisen als Blitzableitermaterial eignet, dass hiebei das Eisen, so wie das verzinkte Eisen auch in Seilform, das Kupfer aber nur in Form eines einfachen Drahtes von der erwähnten normalen und ausreichenden Dicke genommen werden darf, wenn man allen oben (§. 28) erwähnten Umständen gehörig Rechnung tragen will.

§. 30. Die Dicke der Leitung ändert sich auch mit ihrer Länge.

Es wurde bei den vorstehenden Betrachtungen angenommen, dass die Ableitung eines FRANKLIN'schen Apparates mindestens die Dicke von 5—6 Par. Linien

* In der oben citirten Abhandlung DUFOUR's steht $0^{m},356$ für die Dicke des Kupferdrahtes, und $0^{m},248$ für die Dicke des Eisendrahtes; wir haben hier angenommen, dass in diesen Zahlen der Buchstabe „m" nur Millimeter bedeuten soll.

haben müsse, wenn sie von Rundeisen genommen wird, und dass die hiefür äquivalenten Dicken bei anderen Metallen angenommen werden müssen, welche statt des Eisens für die Ableitung gewählt werden. Mit Zugrundelegung dieser Voraussetzung sollte nun vorläufig über die Wahl des besten Blitzableitermaterials eine bestimmte Entscheidung getroffen werden, und wir wären allerdings zu denselben Resultaten, wie sie zuletzt angeführt wurden, gekommen, wenn eine geringere oder grössere Dicke statt der oben angenommenen normalen Stärke angenommen worden wäre.

Nunmehr ist es aber doch nothwendig, diese Unsicherheit bezüglich der Wahl der Dicke eines Ableiters zu verlassen, und bestimmte Verhältnisse hiefür festzusetzen.

Welche Anhaltspunkte bis jetzt die Erfahrung hiefür gibt, ist schon oben (§. 11) erwähnt worden. Hält man diese Erfahrungen mit anderen, insbesondere mit Blitzschlägen zusammen, wobei Gebäude oder Schiffe vom Blitze getroffen wurden, so erscheinen die oben angenommenen normalen Dicken der *Ableitung* zuweilen zu gross, zuweilen aber auch wieder zu klein.

Bestimmte Anhaltspunkte aus den Angaben älterer Schriftsteller finden sich hierüber nicht vor. — Franklin war der Meinung, dass ein Eisendraht von ein Viertel Zoll Durchmesser hinreichend sei, weit mehr Blitzmaterie abzuleiten, „als jemals in einem einzigen Donnerschlag wirklich vorhanden ist“ [12].

Reimarus spricht sich hierüber in folgender Weise aus: „Wenn also kein Beispiel aufzuweisen ist, dass je ein Wetterstrahl eine herunterleitende Strecke von zusammenhängendem, nicht zu kurzem Metalle, welches nur eines guten Gänsekiels-Dicke gehabt, aber bei einer dünnen Fläche etwa 3 Zoll breit gewesen, verzehrt habe, ja, da wir sogar finden, dass wenn auch ein herunterleitendes unzureichendes Metall vom Blitze zerstört worden, so dennoch die Verschonung anderer Körper bewirkt habe, so hat dieses Mittel einer Ableitung, der Erfahrung nach, Alles geleistet, was wir davon zu hoffen hatten“ [13].

Dass diese Anhaltspunkte uns so viel wie gar nichts sagen, ist aus dem Vorhergehenden begreiflich; welches Metall soll nämlich die Stärke eines guten Gänsekiels haben, soll diese bei Eisen dieselbe sein, wie bei Blei u. s. w.?

In ähnlicher und noch unsicherer Weise spricht sich Reimarus bei einer anderen Gelegenheit aus, wo er die Dicke der Leitung von der Grösse der Oberfläche abhängig machen will [14]. In seiner Schrift über die Ausführung von Blitzableitern [15] räth er für die Ableitung die Anwendung von Streifen aus Blei oder Kupfer, „die etwa 3 bis 6 Zoll breit sein können“, auch Messing- oder Kupferdrähte von der Dicke eines Gänsekiels hält er für dienlich, das Eisen aber wird von ihm geradezu für diese Zwecke verworfen. — Weit sicherer in dieser Beziehung sind schon die Angaben von Hemmer [16]. Obgleich er es, wenn man bloss das Leitungsvermögen berücksichtigt, für gleichgültig hält, welche Metallsorte für den „mittleren Theil des Wetterleiters“, nämlich für die Leitung gewählt wird (während ihm der ungleiche Grad der Leitungsfähigkeit verschiedener Metalle und bei einem und demselben Metalle der Einfluss der Dicke auf die Leitungsfähigkeit, wie aus seinen Erörterungen auf S. 6 a. a. O. hervorgeht, hinlänglich bekannt waren), so zieht er doch das Eisen allen anderen Metallen

vor, spricht sich sowohl gegen die Anwendung von Blei-, Kupfer- und Metallstreifen überhaupt aus, hält aus verschiedenen Gründen die Anwendung von Drahtgeflechten aus Messing und Kupfer nicht für rathsam, sondern will, dass die Dicke eines eisernen runden Ableiters unter gewöhnlichen Umständen 5 bis 6 franz. Linien sei, bei Pulverthürmen noch dicker genommen, dass aber nie eine grössere Dicke als ein Zoll gewählt werde, und dass man überhaupt bei der Wahl der Dicke der Leitung alle übrigen Umstände gehörig ins Auge fasse.

Die im Jahre 1823 von der Akademie der Wissenschaften zu Paris niedergesetzte Commission gibt als Vorschrift, dass eine Eisenstange, deren Querschnitt im Quadrat 15 bis 20 Millimeter, also 6,65 bis 8,87 Par. Linien ist, für eine Leitung ausreicht, dass aber hiefür auch 6‴,65 genommen werden dürfe. Anstatt der Eisenstäbe könne man auch Drahtseile aus Eisendrähten nehmen, von welchen je 15 Eisenfäden zu einer Litze und aus vier solchen Litzen ein Seil dergestalt gebildet werde, dass dasselbe einen Durchmesser von 16 bis 18 Millimeter, also 7 bis 8 Linien enthalte; jedoch seien solche Drahtseile nur da anzuwenden, wo der Errichtung von Eisenstangen besondere Umstände hindernd in den Weg gelegt werden. Auch Kupfer- und Messingdrähte können zur Anfertigung der Seile verwendet werden, jedoch sei dann keine grössere Dicke als etwa 7 Linien nöthig [17]. Die neuere französische Commission vom Jahre 1854 nimmt für den Querschnitt der Ableitungen $2\frac{1}{4}$ Quadratcentimeter, d. h. 15 Millimeter oder etwa 6‴,65 Seite für Quadrateisen und etwa $7\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser (nämlich 17 Millimeter) für Rundeisen, weicht also in dieser Beziehung von der älteren Instruction nicht ab. Für die Anwendung von Tauen oder Drahtseilen aber wird noch die besondere Regel hinzugefügt, dass bei einem solchen Taue die an jedem Ende zulaufenden Drähte bis auf etwa 1 Decimeter Länge zusammengelöthet sein sollen, um gewissermassen einen metallischen Cylinder zu bilden [18].

Es bleibt also, wie wir sehen, bei der Wahl der Dicke der Leitung ein ziemlich grosser Spielraum, über den jedenfalls entschieden werden muss, wenn man die Anordnung eines Blitzableiters gehörig zu beurtheilen im Stande sein soll.

Bei der Bestimmung der Dicke der Ableitung hat man auf verschiedene Umstände Rücksicht zu nehmen, und zwar

1) auf die Ausdehnung und Höhe des Gebäudes oder des Objectes u. s. w., für dessen Schutz der Leiter bestimmt ist, also auf die Länge der Leitung;
2) auf die Leitungsfähigkeit der Körper, welche an dem Gebäude u. s. w. angebracht sind, oder die in seiner Umgebung sich befinden.

Man wird für lange und ausgedehnte Leitungen den Querschnitt des Leitungsmateriales von solcher Grösse zu nehmen haben, dass mit der Zunahme der Länge das Leitungsvermögen der Ableitung nicht unter das normale fällt.

Bei Gebäuden, die an unterbrochenen Stellen mit Metalltheilen bedeckt, oder in denen grössere Metallmassen angehäuft sind, muss der Querschnitt der Leitung so gross genommen werden, dass unter keinerlei Umständen eine Blitzesentladung durch das Gebäude selbst und die in ihm enthaltenen Metalle eintreten kann.

Aehnlich ist diess auch bei Schiffen, und zwar aus mehreren Gründen in noch grösserem Maasse der Fall. Die elektrische Ladung einer Gewitterwolke kann in der Nähe von Gebäuden, hervorragenden Objecten, insbesondere wenn diese mit Blitzableitern versehen sind, bedeutend geschwächt werden. Auf offener See findet eine solche Schwächung nur in sehr geringem Maasse statt. Hingegen ist hier die influencirende Wirkung, welche die ausgedehnte Wasserfläche von Seite der Gewitterwolken erfährt, sowie die gegenseitige Einwirkung von Gewitterwolken und Meeresoberfläche ein Umstand, der bei der Anordnung des Blitzableiters an Schiffen am maassgebendsten sein muss. Wir haben schon oben im Verlaufe unserer Betrachtungen gesehen, von welchem Nutzen die Blitzableiter für Schiffe sind; es sind uns dort manche Beispiele vorgekommen, in welchen Blitzschläge auf bewaffnete und unbewaffnete Schiffe stattfanden, und es zeigte sich dabei, dass jene selbst dann keinen Schaden erlitten hatten, wenn die auf denselben angebrachten Blitzableiter nicht von gehöriger Stärke waren; jedoch werden solche unzureichende Leitungen schon durch eine einzige *Blitzes*entladung entweder mangelhaft oder sogar völlig zerstört. Arago zählt mehr als 60 Blitzschläge auf, über welche noch vor dem Jahre 1830 sichere Berichte sich aufweisen liessen, und die alle entweder auf offener See oder in der Nähe von Küsten vorfielen, und mitunter Zerstörungen der Schiffe zur Folge hatten. In den Jahren 1829 und 1830 sind allein in 15 Monaten im mittelländischen Meere fünf Schiffe der englischen Marine vom Blitze getroffen worden, und hiebei litt die Bemastung der Schiffe bedeutenden Schaden [19]. In neuerer Zeit hat Harris eine Documentensammlung über Blitzschläge an englischen Schiffen angefertigt, in welcher mehr als 280 officiell constatirte Fälle aufgeführt sind, wo Schiffe vom Blitze getroffen worden waren. Nicht bloss die bedeutende Zahl von Menschenopfern, welche dabei zu beklagen waren, bestimmte die englische Marine-Verwaltung zur Einführung zweckmässiger Blitzableiter, sondern auch der verursachte Schaden mochte dabei maassgebend gewesen sein. Dieser betrug in Kriegszeiten jährlich nicht weniger als 10,000 Pfund Sterling oder 120,000 Gulden. Seit der Anwendung der Harris'schen Blitzableiter kommen die Blitzschläge an Schiffen weit seltener vor. Selbst die Fälle aber, in welchen solche eintraten, gingen ohne weitere Beschädigung vorüber. Harris zählt mehr als 40 officiell beglaubigte Fälle auf, wo Schiffe, die mit Blitzableitern nach seinem System versehen waren, von Blitzesentladungen stark getroffen wurden, ohne dass diese den geringsten Schaden verursacht hatten [20]. Wir begnügen uns einstweilen mit diesen kurzen Bemerkungen, werden aber später bei der gehörigen Gelegenheit auf die hier berührten Thatsachen wieder zurückkommen.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass solche Thatsachen unter Anderem als Beweisgründe für die Richtigkeit der Gestalt unserer Blitzableiter angesehen werden dürfen, dass ferner solche Objecte, die auf einer ausgedehnten Fläche sich befinden und über diese weit hervorragen, den Blitzesentladungen am meisten ausgesetzt sind, und dass hiebei vorzugsweise diejenigen Theile der Objecte den Blitzschlag zuerst empfangen, welche auf den höchsten Stellen derselben angebracht sich befinden.

Ueber die vorliegende Frage geben sie aber keinen weiteren Aufschluss als den, dass ausser den oben, bezüglich der Anwendung der Blitzableiter berührten Umständen (S. 59) die Leitungsfähigkeit der zu jedem Blitzableiter gehörigen Leitung gross genug sein müsse, um den stärksten Blitzesentladungen den möglichst geringsten Widerstand darzubieten.

Es kann uns aber unmöglich gleichgültig sein, derlei Lücken, wie die am Eingange dieses Paragraphen erwähnte, bei einem so wichtigen Gegenstande, wie der vorliegende es ist, unausgefüllt zu lassen. Denn macht man die Leitung eines Franklin'schen Apparates zu dünn, so schützt derselbe, wenn er ausserdem auch mangellos construirt wurde, höchstens gegen den ersten starken Blitzschlag, von dem das Gebäude getroffen wird; für alle kommenden Fälle hingegen, und selbst für solche, die bei einem und demselben Gewitter dem ersten Schlage nachfolgen, wird er unbrauchbar. Nimmt man aber die Dicke der Leitung zu gross, so begeht man nicht bloss Fehler gegen die ökonomischen Verhältnisse, sondern es werden auch einzelne Theile des Bauwerkes, dem ein solcher Blitzableiter angehört, unnöthig belastet. Jedenfalls sollten also die Grenzen angegeben werden können, innerhalb welchen die Dicke der Leitung gewählt werden muss, wenn sie dem Zwecke entsprechend ausfallen soll. Solche Grenzen lassen sich aber mit Hülfe der bisherigen Erfahrungen festsetzen. — Nimmt man vorläufig von der Umgebung des Bauwerkes, von den bei seiner Construction verwendeten Materialien u. s. w. Umgang, und berücksichtigt nur die Länge der an demselben anzubringenden Leitung, so kann man mit Sicherheit annehmen, dass im Allgemeinen keine Leitung, wenn dieselbe aus Schmiedeeisen in cylindrischer Gestalt gemacht wird, eine geringere Dicke als 6 Par. Linien haben soll, dass aber diese Dicke nicht mehr ausreicht, wenn die Länge derselben eine gewisse Grenze übersteigt. Von welcher Grenze an aber man die Dicke der Leitung grösser, als die angegebene, nehmen müsse, darüber lassen sich sichere Anhaltspunkte nicht geben. Es dürfte daher als angemessen erscheinen, hierüber eine Annahme festzustellen, die mit der Erfahrung im Einklang steht, und hiernach die weiteren Bestimmungen zu treffen. Bei dieser Annahme möchte es ferner gestattet sein, von der Ausdehnung des Gebäudes in horizontaler Beziehung vorläufig Umgang nehmen zu dürfen, da man in dieser Beziehung auf Umstände ohnehin noch Rücksicht zu nehmen hat, welche im weiteren Verlaufe unserer Untersuchungen zur Sprache kommen müssen. Berücksichtigt man nur die Länge einer einzigen Hauptleitung, so möchte es vielleicht, wenn es sich um die Bestimmung ihrer Dicke handelt, am geeignetsten sein, ein Wohngebäude ins Auge zu fassen, dessen Höhe weder der eines grossen Pallastes gleichkömmt, noch zu der eines einfachen Familienhauses herabsinkt. Nehmen wir daher an, ein dreistöckiges aus Steinen aufgeführtes Wohnhaus solle mit einem Blitzableiter versehen werden, so können wir beiläufig festsetzen, dass die Höhe eines solchen der Salubrität seiner Bewohner angemessen gebauten Hauses etwa 50 Fuss betrage, die Länge der Strecke von der Stelle der Dachfirste aus gemessen, an der die sogenannte Auffangstange sich befindet, bis zum Dachrande soll etwa 12 bis 15 Fuss betragen, so dass also die Länge einer einfachen auf dem kürzesten Wege von einer der Auf-

fangstangen bis zur Bodenfläche geführten Leitung zwischen 60 und 70 Fuss ausmachen soll. Der Einfachheit halber wollen wir diese Länge gleich 64 Fuss annehmen. Für ein derartiges Gebäude wollen wir nun festsetzen, dass eine aus Schmiedeeisen in cylindrischer Form angefertigte Leitung mindestens die Dicke von 6 Par. Linien haben müsse, wenn dasselbe vom stärksten Blitzschlage eine Beschädigung nicht erhalten und die Leitung dabei keine wahrnehmbare Erwärmung erfahren soll. Jedoch soll die hier angenommene Stärke der Leitung nicht bloss die kleinste sein, die man nehmen darf, sondern es soll auch die angenommene Länge die äusserste Grenze sein, bei welcher die Leitung dieses Minimum von Stärke haben dürfe, so dass von hier an bei noch grösserer Länge der Leitung der Querschnitt derselben in demselben Verhältnisse vergrössert werden muss, in welchem der durch Vergrösserung der Länge eintretende Leitungswiderstand zunimmt.

Geben wir nun diese Annahme zu, die allerdings nicht ganz von Willkührlichkeiten befreit ist, die aber als eine Maassregel der Vorsicht und Sicherheit zu betrachten sein dürfte, über deren Richtigkeit durch das Experiment nicht entschieden werden kann, sondern die vielmehr der Wahrheit um so näher kömmt, je mehr wirkliche Erfahrungen für ihre Richtigkeit zur Bestätigung aufgeführt werden können, so müssen wir auch daraus die weiteren Bestimmungen für die Dicke einer einfachen Hauptleitung bei gegebener Länge folgern dürfen. Ich nehme keinen Anstand, die oben gemachten Annahmen als Grundlage solcher Bestimmungen zu benutzen, und ziehe daher aus denselben die nachstehenden Maassregeln. Bezeichnet man die Dicke der Hauptleitung eines Blitzableiters von der Länge L in Par. Fussen ausgedrückt mit d, das Gewicht eines Par. Fusses der Leitung mit p, so hat man für Leitungen, deren Länge mehr als 64 Fuss beträgt, der Sicherheit halber die folgenden Anhaltspunkte zu nehmen:

	Werth von d in Par. Linien.	Werth von p in Grammen.
Für eine Leitung aus Schmiedeeisen (sowie für verzinktes Eisen)	$0{,}75\sqrt{L}$	$5{,}658\ L$
für eine Leitung aus Kupfer in chemisch reinem Zustande	$0{,}30\sqrt{L}$	$1{,}060\ L$
für eine Leitung aus Blei	$0{,}97\sqrt{L}$	$13{,}956\ L$
„ „ „ „ Zink	$0{,}58\sqrt{L}$	$3{,}077\ L$
„ „ „ „ Messing	$0{,}59\sqrt{L}$	$3{,}775\ L$
„ „ „ „ Neusilber	$1{,}03\sqrt{L}$	$11{,}656\ L$
„ „ „ „ Silber	$0{,}28\sqrt{L}$	$2{,}125\ L.$

Bei diesen Bestimmungen habe ich die oben (Seite 38 und S. 76—77) aufgeführten Zahlen zu Grunde gelegt; es möchte daher bei der Anlegung eines Blitzableiters immer nöthig sein, das anzuwendende Leitungsmaterial vorher zu untersuchen, und zwar wird diess insbesondere bei Kupfer, Messing und dem verzinkten Eisen als rathsam erscheinen, und man wird dann, wenn die bei solchen Untersuchungen erhaltenen Versuchsresultate mit den oben (S. 38 und

S. 76) aufgeführten Werthen für die Leitungswiderstände und Dichten der genannten Materialien nicht übereinstimmen, die vorstehenden Zahlencoefficienten in bekannter Weise abändern.

Uebrigens liefern die oben angegebenen Ausdrücke solche Werthe, die sich nicht bloss den bisherigen Erfahrungen gut anschliessen, sondern auch mit Bestimmungen sehr nahe in Einklang stehen, wie sie in den Instructionen für Blitzableiter von den französischen Physikern festgestellt wurden [21], und dürften daher als Anhaltspunkte benutzt werden.

Es wurde schon oben erwähnt, dass die für die Leitung eines Blitzableiters an einem grösseren Wohngebäude angenommene Dicke von 6 Par. Linien die kleinste sein soll, die wir nehmen dürfen; es versteht sich daher von selbst, dass die vorstehenden Ausdrücke für Werthe von L, die kleiner als 64 Par. Fuss sind, nicht mehr für Hauptleitungen angewendet werden dürfen. Uebrigens können zuweilen die Umstände so günstig sein, dass bei kleinen Wohngebäuden, die gegen heftige Blitzesentladungen durch die Umgebung geschützt sind, eine Dicke von 5 Par. Linien für Rundeisen als ausreichend betrachtet werden darf; eine geringere Dicke als diese zu wählen, dürfte aber unter keinerlei Umständen als rathsam erscheinen.

Was aber die Nebenleitungen betrifft, die durch die in §. 24 aufgestellten Bedingungen als unerlässlich erscheinen, so möchten für diese, und selbst zuweilen auch für die sogenannten Zuleitungen und andere Zweigleitungen, von denen unten die Rede sein wird, die obigen Ausdrücke auch dann noch anwendbar sein, wenn L bis zu einem Werthe von etwa 20 Fuss herabsinkt [22]. Jedoch hat man alle dabei stattfindenden Umstände wohl zu beachten, da es einzelne Fälle gibt, in welchen es nicht als rathsam erscheinen kann, die Nebenleitungen von geringerer Dicke wie die Hauptleitungen zu nehmen; ausserdem aber auch zuweilen einzelne Nebenleitungen, die gleiche Länge mit der Hauptleitung haben, dünner genommen werden dürfen, wie diese.

§. 31. Form und Einrichtung der verschiedenen Theile eines Blitzableiters für Bauwerke und fixe Objecte überhaupt.

Betrachten wir die oben (§. 23) bezüglich der Anforderungen an Blitzableiter aufgestellten Bedingungen, so finden wir sogleich, dass jeder Blitzableiter, der nur einfach an einem Gebäude angebracht sich befindet, mindestens als aus drei Theilen bestehend angenommen werden kann. Diese Theile sind:

1) Die an der höchsten Stelle des Bauwerkes angebrachte hohe metallene und zugespitzte Stange, gewöhnlich die Auffangstange genannt.

2) Die Verlängerung der Auffangstange von der Stelle aus, wo sie mit dem höchsten Theile des Gebäudes u. s. w. in fester Verbindung steht, bis zur Bodenfläche. Diesen Theil nennt man die Hauptleitung, auch Ableitung oder kurzweg die Leitung.

3) Derjenige Theil des Blitzableiters, der die Leitung in solche Verbindung mit der Erde zu bringen hat, dass die ganze Leitung als vollkom-

men unisolirt betrachtet werden kann. Man nennt dieses dritte Verbindungsmittel die Bodenleitung.

Unter Berücksichtigung der in §. 24 vorgenommenen Betrachtungen und der dort aufgestellten Bedingungen hat man aber noch

4) diejenigen Mittel in Anwendung zu bringen und als Theile des Blitzableiters zu betrachten, welche die an oder in dem Gebäude befindlichen, und vermöge der Construction oder Ausstattung des letzteren fix an ihm angebrachten Bestandtheile mit der Hauptleitung in metallische Verbindung zu setzen haben. Es geschieht diess durch Nebenleitungen u. s. w.

Da wir aber diese Nebenleitungen bei der speciellen Betrachtung von verschiedenen Bauwerken in Erwägung bringen werden, so soll von denselben vorläufig keine Rede sein, während die erstgenannten drei Bestandtheile jetzt in so weit besprochen werden sollen, als sie in dem Vorhergehenden noch nicht ihre erledigenden Erörterungen gefunden haben.

Herstellen metallischer Verbindungen irgend zweier Theile der Leitung unter sich und mit der Auffangstange.

Ehe wir aber auf diese Besprechungen eingehen, soll noch ein für unseren vorliegenden Zweck wichtiger Umstand besonders hervorgehoben werden.

Aus den sämmtlichen bis jetzt vorgenommenen Erörterungen und insbesondere den in §. 23 fg. geführten Betrachtungen lässt sich nämlich entnehmen, dass ein Blitzableiter in ähnlicher Weise angeordnet sein muss, wie ein derartiger Schliessungsleiter eines elektrischen Entladungsstromes, der seiner ganzen Länge nach überall dieselbe, und zwar eine solche Leitungsfähigkeit besitzt, dass wahrnehmbare Wärmewirkungen in ihm durch die Einwirkung eines Entladungsstromes niemals auftreten können. Es reicht also nicht aus, dass die einzelnen Theile eines Blitzableiters das gehörige und ausreichende Leitungsvermögen besitzen, sondern es muss auch die Verbindung seiner einzelnen Theile, aus denen er zusammengesetzt wird, in solcher Weise vorgenommen werden, als ob der Blitzableiter nur aus einem einzigen Metallstücke von überall gleicher Leitungsfähigkeit bestehen würde. Hiemit ist also die Bedingung ausgesprochen, dass auch die Verbindungsstellen der einzelnen Theile vollkommen rein metallische, von jeder chemischen Verbindung des angewendeten Metalles mit anderen Körpern frei, und so beschaffen sein müssen, dass durch die Verbindungsweise selbst diese Stellen kein anderes, wenigstens kein geringeres Leitungsvermögen erhalten, als die übrigen Theile der Leitung. Eine derartige Verbindungsweise wollen wir bei unseren künftigen Betrachtungen nur kurzweg eine metallische nennen. Die metallische Verbindung irgend zweier Theile des Blitzableiters kann entweder nur durch das Aneinanderschweissen, was man bei gleichartigen Metallen und hier insbesondere beim Eisen anwendet, oder durch Nieten, durch Löthen, oder zuweilen durch Nieten und Löthen, oder überhaupt dadurch bewerkstelligt werden, dass die Stellen der aneinander zu fügenden Bestandtheile vorerst metallisch rein gemacht, und sodann durch irgend ein äusseres oder inneres Bindemittel die innigste Berührung der aneinander zu fügenden Bestandtheile so her-

gestellt wird, dass diese auch andauernd bleibt, und durch äussere Einwirkungen keinerlei Veränderung erfährt.

Das Aneinanderschweissen kömmt für die vorliegenden Zwecke nur bei der Auffangstange vor. Diese wird gewöhnlich pyramidalisch mit quadratischem Querschnitte gemacht. Nach den Erfahrungen der Praktiker wählt man zur Anfertigung derselben prismatische Eisenstücke von etwa $2\frac{1}{2}$ Fuss Länge und von immer abnehmendem Querschnitte, schweisst dieselben aneinander, und kann sodann die auf diese Weise erhaltene Stange pyramidalisch oder kegelförmig zuarbeiten.

Fällt eine auf diese Weise angefertigte Auffangstange zu lang aus, um sie noch leicht fortschaffen zu können, so setzt man dieselbe aus zwei Theilen, etwa in der Weise zusammen, wie diess in *Fig. 12* angedeutet ist, so dass der untere Theil etwa $\frac{1}{3}$, der obere $\frac{2}{3}$ Theil der Länge beträgt.

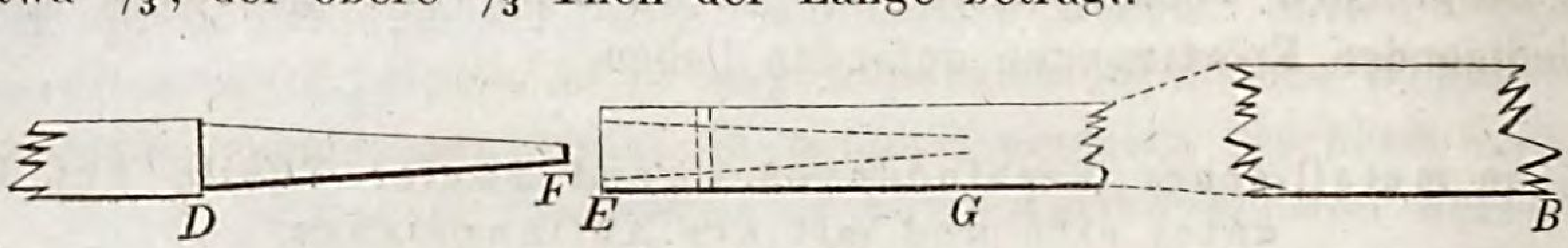
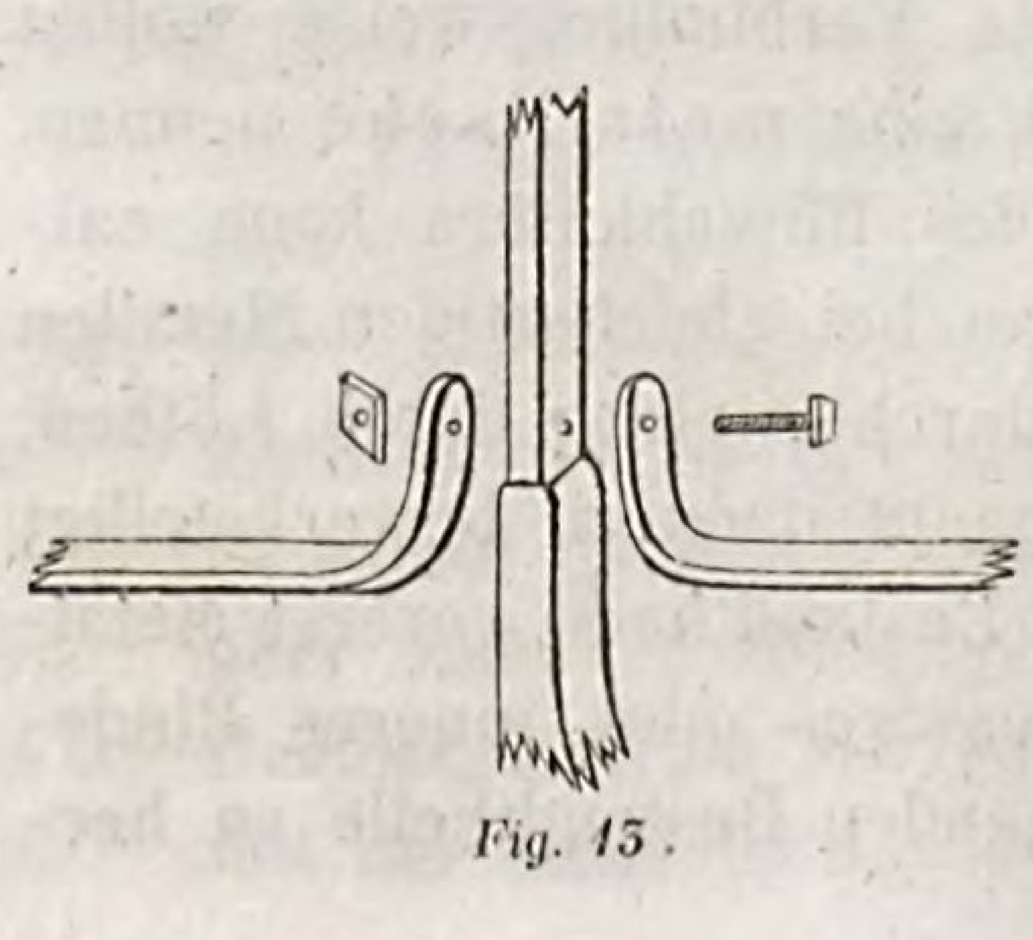


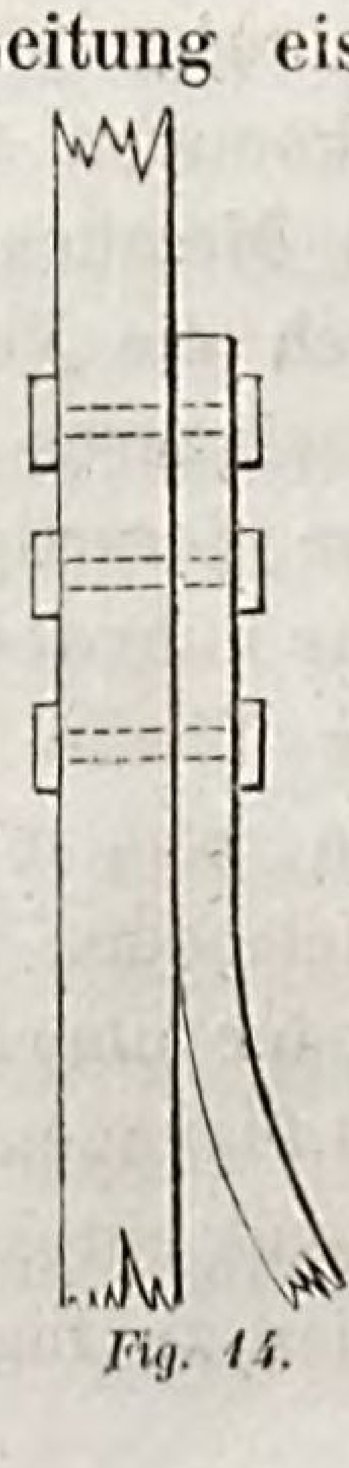
Fig. 12.

Der obere Theil wird nämlich zu diesem Zwecke mit einem pyramidalischen Zapfen *DF* von etwa 8 Zoll Länge versehen, mit dem er in den unteren Theil *EB* metallisch eingefügt und durch einen Stift fest verbunden wird. Der hohle Theil *EG*, welcher zur Aufnahme des Zapfens *DF* bestimmt ist, kann in folgender Weise gefertigt werden: Man rolle ein starkes Eisenblech zu einem Cylinder auf, und schweisse dieses in *G* mit der Stange *BG* zusammen; mittelst eines Dorns, von der Form des Zapfens, und durch wiederholte Erhitzung kann man alsdann seine Ränder leicht vereinigen, und innerlich, wie äusserlich demselben die pyramidalische Form geben.

Die Verbindung der Leitung mit der Auffangstange kann in verschiedener Weise geschehen; es sollen hier die gebräuchlichsten Methoden, wie sie in den Werken über die praktische Ausführung von Blitzableitern aufgeführt werden, zur Erwähnung kommen [23].

Wendet man für die Leitung eiserne Schienen an, wie diess bei älteren Blitzableitern immer geschehen ist, so besteht eine der einfachsten Verbindungsweisen darin, dass man das an die Auffangstange anzufügende Ende der Leitung entweder mit einem oder mit mehreren Löchern versieht, die zur Aufnahme von Schrauben bestimmt sind, deren Muttern in der Stange eingeschnitten sein sollen (denn ein blosses Durchlochen derselben kann für den vorliegenden Zweck nicht ausreichen). Die Zusammenfügung kann dann so geschehen, wie diess in *Fig. 13* und *Fig. 14* angedeutet ist. Die Enden der


Fig. 13.


Fig. 14.

Schrauben müssen mit den dazu passenden hohlen Schraubenplatten versehen werden, damit die Verbindung eine dauernde bleibt. Dass vor der herzustellenden Verbindung die aneinander zu fügenden Stellen blank und eben gefeilt werden müssen, wenn die Verbindung selbst eine metallische werden soll, versteht sich von selbst. Der Vorsicht halber hat man gewöhnlich hiebei ein Bleifutter angewendet; jedoch dürfte das Zink den Bleistreifen vorzuziehen sein. Aber es wird jede derartige Fütterung unnöthig, wenn man verzinktes Eisen anwendet, oder wenigstens die zu verbindenden Stellen stark verzinken lässt. — Uebrigens möchte es als gerathen erscheinen, stets die Verbindungsweise *Fig. 14* der *Fig. 13* vorzuziehen, und ausserdem die Verbindungsstelle selbst durch Zinnloth gut zu verlöthen. Zuweilen reicht es aus, die Auffangstange an ihrem unteren Ende mit kleinen ringförmigen Ansätzen zu versehen, die an dieselbe angeschweisst werden, und die die gehörige Oeffnung haben, um die Leitung durch dieselbe stecken und mittelst Schrauben befestigen zu können.

Für hohe Auffangstangen können die eben angegebenen Methoden nicht *mehr* gut angewendet werden.

Die von Hemmer für solche Zwecke benutzte Verbindungsweise ist in *Fig. 15* abgebildet. Zweckmässiger jedoch sind die von der älteren französischen Commission vorgeschlagenen Methoden. Eine der Hemmer'schen ähnliche aber solidere Verbindungsweise ist in *Fig. 16* dargestellt. Die Stange wird nämlich auf einer Ausdehnung von etwa 2 Zoll zugerundet, im Falle sie nicht schon ohnehin kegelförmig ist, um hier ein mit Scharnieren versehenes Halsband anlegen zu können, das in einer Weise, wie *Fig. 16* diess zeigt, die Leitung aufzunehmen hat.

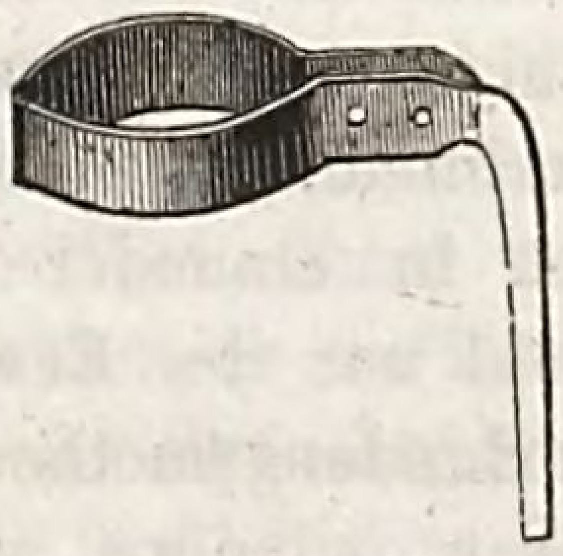


Fig. 15.

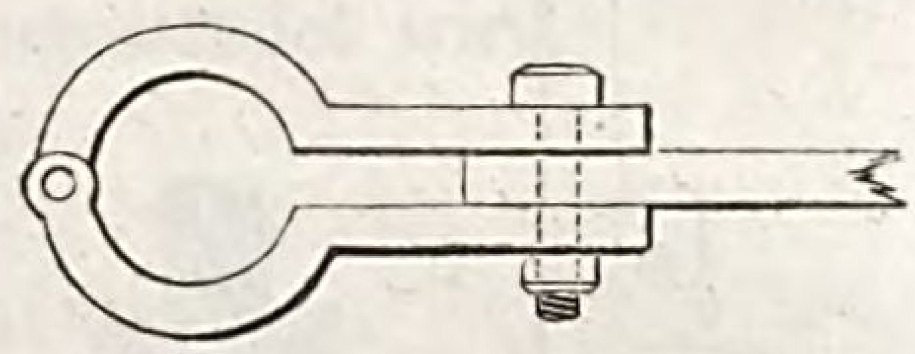


Fig. 16.

Eine andere Verbindungsweise besteht darin, dass man die Auffangstange mit einem quadratischen Bügel umschliesst, und eine Anordnung benutzt, deren Aufriss in *Fig. 17* und Grundriss in *Fig. 18* angegeben ist.

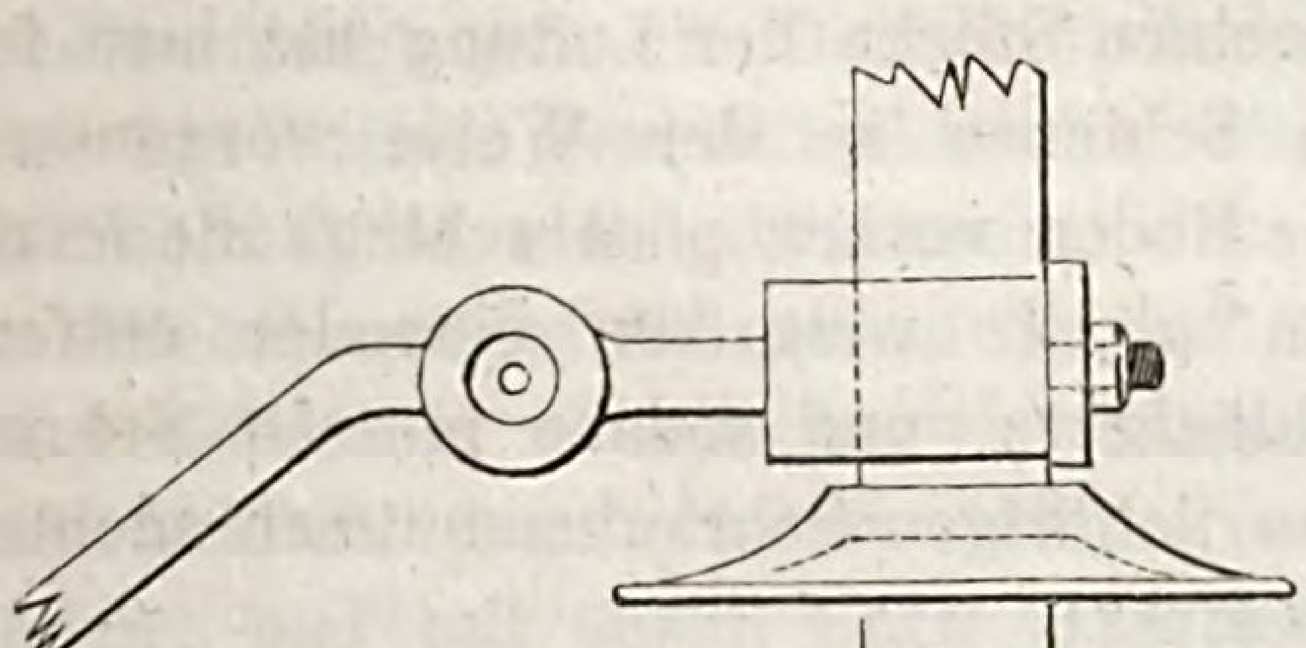


Fig. 17.

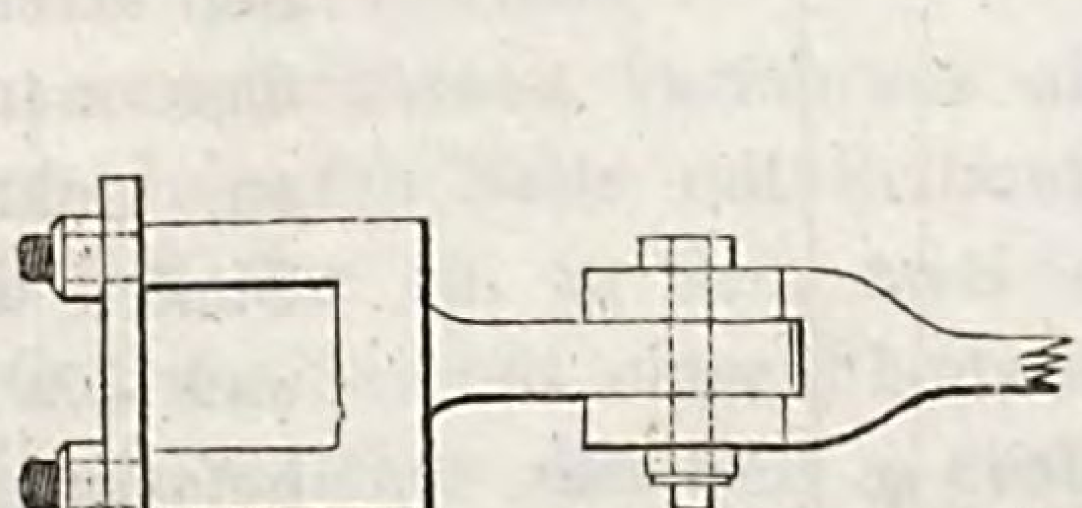


Fig. 18.

Die erste der hier genannten Verbindungsweisen (*Fig. 16*) kann mit Vortheil angewendet werden, mag die Leitung einen quadratischen oder einen kreisförmigen Querschnitt haben, also entweder parallelepipedisch oder cylindrisch sein. Nur mag hinzugefügt werden, dass das Halsband an der Stelle, wo es die Leitung aufzunehmen hat, in solcher Weise ausgehöhlt sein soll, dass es

dieselbe metallisch umschliesst, dass ferner die Vereinigungsstellen vorher gut gereinigt werden müssen, und ein Verlöthen der Leitung mit dem Halsbande sowohl, als auch des letzteren mit der Stange nicht als überflüssig erscheinen kann.

Die metallische Verbindung eines seilförmigen Leiters mit der Auffangstange kann in ähnlicher Weise vorgenommen werden. Wir finden eine derartige Anordnung in *Fig. 19* im Aufriss, in *Fig. 20* im Grundriss dargestellt. Jedoch ist es nicht bloss nothwendig, dass die zuletzt erwähnten Vorsichtsmassregeln in Anwendung kommen, sondern auch die Verbindung in möglichst sicherer Weise vorgenommen wird. Es ist nämlich nöthig, dass an dem betreffenden Ende des Drahtseiles die sämmtlichen Litzen und Drähte vorher auf eine Länge von mindestens 4 Zoll so unter einander verlöthet werden, dass sie hier einen metallischen Cylinder bilden. Die beiden Ansätze des Halsbandes im Innern an einzelnen Stellen mit Stacheln zu versehen, um die Verbindung inniger zu machen, möchte unnöthig sein, wenn die Verbindungsstellen gut verlöthet werden und vorher gut in einander gepasst worden sind. (Es bedarf wohl nur der Erwähnung, dass die hier angegebenen Verbindungsmethoden nicht bloss für Materialien aus Eisen, sondern auch bei Anwendung anderer Metalle benutzt werden können.)

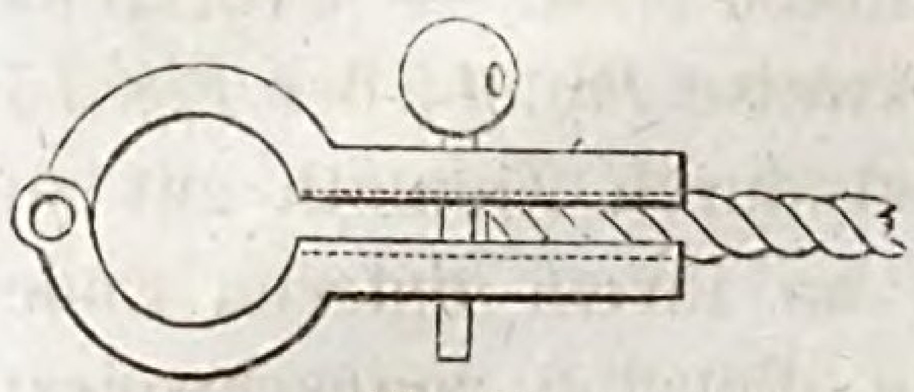


Fig. 19.

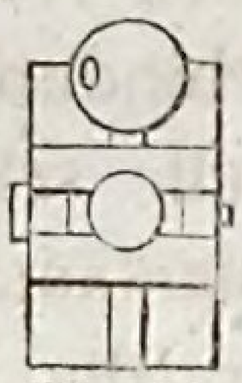


Fig. 20.

Die Verbindung eines Drahtseiles in der Weise, wie sie Imhof vorschreibt (*Fig. 21*), und bei Messingdrahtseilen in Anwendung kömmt, muss als die unzuverlässigste, als unbrauchbar bezeichnet werden, da dieselbe nicht als eine metallische angesehen werden kann.

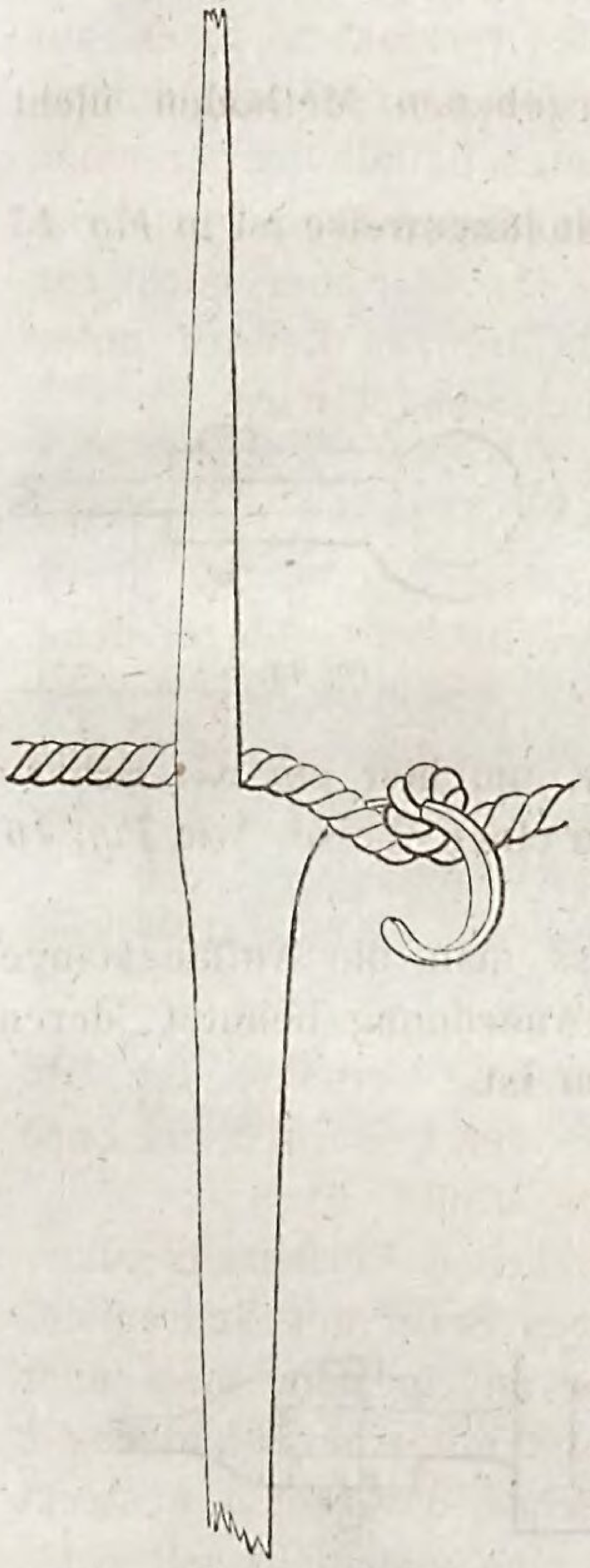


Fig. 21.

Die einzelnen Stücke der Leitung hat man früher bei eisernen Schienen in der Weise vorgenommen, dass man die Enden vorher platt schlug, die letzteren an mehreren gleich weit von einander entfernten Stellen durchlöcherte, und sodann mittelst Schrauben und den dazu gehörigen Schraubenmuttern aneinander befestigte (*Fig. 22*).

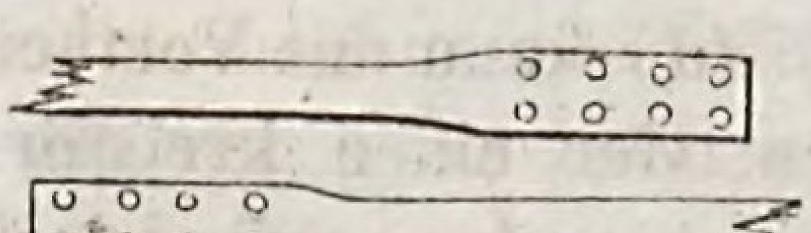


Fig. 22.

Diese Verbindungsweise ist zulässig, wenn die Verbindungsstellen mindestens 3—4 Zoll lang sind, unmittelbar vor ihrer Vereinigung metallisch rein gefeilt und mit einem Zinkfutter (statt des früher hiezu verwendeten Bleifutters) versehen werden. Das Verlöthen dieser Stelle ist hier ebenso wenig, wie bei den Verbindungsweisen, die in *Fig. 23* und *Fig. 24* (S. 91) angedeutet sind, zu unterlassen.

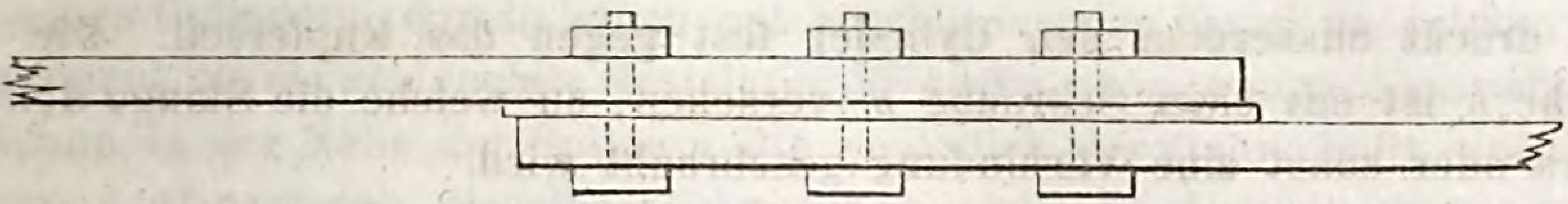


Fig. 23.

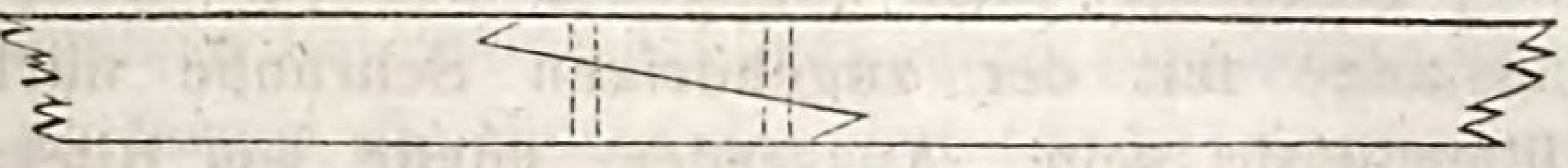


Fig. 24.

Sollen aber cylindrische Leitungen mit einander metallisch verbunden werden, so hat man die Verbindungsstellen auf eine Länge von etwa 4 Zoll zuerst flach zu feilen, diese Stellen gut zu vernieten und zu verlöthen, und hierauf noch ausserdem die Verbindungsstelle mit einer passenden Umhüllung zu versehen. — Bei der Verbindung von Drahtseilen unter sich werden die Drähte der aneinander zu fügenden Enden mit einem dünnen Drahte aus verzinktem Eisen auf eine Länge von etwa 4 Zoll unter einander verbunden, die ganze Verbindungsstelle wird verlöthet, und hierauf noch mit einer geeigneten Umhüllung versehen.

Ich erwähne noch das von Wilde in letzter Zeit angegebene Verfahren zur Verbindung von Drahtseilen mit der Auffangstange [24], das aber auch zur Herstellung einer zweckmässigen Verbindung von drahtförmigen Leitern unter sich als brauchbar erscheint, wenn es passend hiezu angewendet wird.

Fig. 25 stellt die Einrichtung zur Verbindung eines Drahtseils mit der Stange eines Blitzableiters im Durchschnitte vor. Das Ende des Seiles *d* wird durch ein in dem kurzen conischen Kupferrohr *b* befindliches Loch gesteckt, das Seilende wird aufgedreht, und die einzelnen Drähte werden über die äussere Seite des Rohrs gebogen, regelmässig um dasselbe gelegt und in gehöriger Weise abgeschnitten. Ueber das Rohr *b* wird ein von Innen conischer Deckel *c* geschoben, welcher an seinem oberen Ende mit einer Schraube *a* und an seinem unteren Rande inwendig mit einem Schraubengewinde versehen ist. In letzteres schraubt sich ein Deckel *e*, der zur Aufnahme des Leiters *d* ein Loch besitzt. Die Stange des Blitzableiters wird bei *a* angeschraubt.

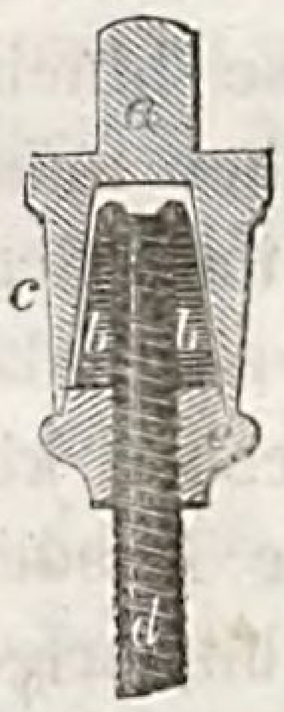


Fig. 25.

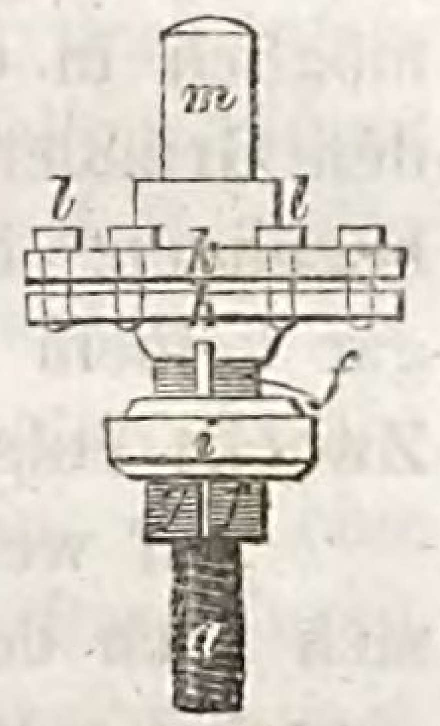


Fig. 26.

In *Fig. 26* ist eine Abänderung des eben beschriebenen Verfahrens abgebildet. Hiebei wendet Wilde einen auf seiner äusseren Seite mit Schraubengängen versehenen, etwas conisch zulaufenden Cylinder an, in dem zwei oder mehrere Schlitze *g* angebracht sind. Dieser Cylinder ist mit einer Flantsche *h* verbunden, und mit einem Loch versehen, durch welches das Seil *a* gesteckt werden kann. Auf das conische Schraubengewinde ist eine gleichfalls mit conischem Gewinde versehene hohle Schraube *i* gepasst. Zur Herstellung der Verbindung wird das Drahtseil durch den Cylinder gesteckt, und die aufgedrehten Drahtenden werden über die Fläche der Flantsche von dem Umfang gegen den Mittelpunkt derselben gebogen. Hierauf wird eine zweite Kupferscheibe oder Flantsche *k* mittelst der Schrauben *ll* auf die erste geschraubt, und werden so die Drähte fest zwischen die Flantschen geklemmt. Die aufgeschraubte conische

Mutter drückt ausserdem den Cylinder fest gegen das Kupferseil. Die obere Flantsche *k* ist mit einer Schraube *m* versehen, an welche die Stange des Blitzableiters oder sonst eine Verbindung geschraubt wird.

Dass im Innern dieser Vorrichtung das Anlöthen des Seiles nicht als unumgänglich nothwendig erscheint, kann zugegeben werden. Aber bei der Verbindung der Auffangstange mit der zugehörigen Schraube dürfte dennoch ein Verlöthen nicht überflüssig sein. Ausserdem dürfte aus Rücksicht für andere Umstände es für nothwendig erscheinen, dass die aneinander befestigten Flantschen sowohl, wie die dazu gehörigen Schrauben abgerundet werden.

§. 32. Form und Einrichtung der Auffangstange. Verbindung derselben mit dem zu schützenden Bauwerke.

Der oberste Theil des Blitzableiters, also der Anfang desselben, den wir als Conductor der mit Elektricität geladenen Gewitterwolken gleichsam ansehen können, ist eine hohe möglichst zugespitzte metallene Stange, die so weit als möglich das zu schützende Object seiner ganzen Ausdehnung nach überragen soll. Ueber die zweckmässige Höhe der Auffangstange lassen sich bestimmte Regeln nicht aufstellen. Nach den in den vorausgehenden Kapiteln vorgetragenen Grundlehren und den dabei gelegentlich aufgeführten Erfahrungen, würde eine Auffangstange, deren Spitze bei jeder Höhe der Gewitterwolke so weit als möglich in diese hineinragt, die grösste Wirkung ausüben. Aus nahe liegenden Gründen aber muss man sich mit einer mässigen Höhe der Auffangstange begnügen. Es unterliegt aber, aus Gründen, die oben weiter ausgeführt wurden, gar keinem Zweifel, dass auch Auffangstangen von nicht zu grosser Länge dem Zwecke entsprechen können.

Auf welche Ausdehnung aber die schützende Wirkung einer Auffangstange sich nach den bisherigen Erfahrungen erstrecken könne, soll unten näher besprochen werden.

Die grösste Länge, die im Allgemeinen eine Auffangstange haben kann, mag etwa zu 30 Fuss angenommen werden, während die kleinste wohl kaum unter 8 Fuss betragen dürfte. Auch hierüber soll dort, wo von der Wirkungssphäre eines Blitzableiters die Rede sein wird, Erwähnung gemacht werden.

Die Auffangstange macht man gewöhnlich von einer nahezu pyramidalischen Form, indem man dieselbe in der Weise, wie diess oben angegeben wurde, aus parallelepipedischen Stücken von quadratischem Querschnitte zusammensetzt, die eine nach dem oberen Ende der Stange hin immer kleiner werdende Dicke haben. — Nach den in §. 6 und §. 23 vorgetragenen Lehren aber kann es nicht als rathsam erscheinen, die pyramidalische Form für Auffangstangen zu wählen. Man sucht zwar jenen Bedingungen dadurch näherungsweise Genüge zu leisten, dass man das obere Ende der Auffangstange abrundet, den oberen Theil nämlich auf eine kurze Länge kegelförmig macht; diese Kegelform dürfte aber am unteren Ende aus den früher angegebenen Gründen nicht weniger nöthig sein. Es möchte daher bemerkt werden, dass bei kurzen Auffangstangen sowohl wie bei langen nur entweder die Kegelform mit passendem Spitzenwinkel oder auch die

Form eines Cylinders, der in einen gut anschliessenden Kegel an seinem oberen Ende ausgeht, als die geeignetste Gestalt für die Auffangstange anzusehen sein dürfte.

Schon in der Nähe der Spitze sollte eigentlich der Querschnitt einer kegelförmigen Auffangstange dieselbe Dicke haben, wie die Leitung, wenn sie den gehörigen Grad von Leitungsfähigkeit besitzen soll. Da aber hiedurch die Auffangstange insbesondere bei grosser Länge eine unmässige Dicke an der Basis erhalten würde, da ferner die Spitze die oben (S. 59) angegebenen Eigenschaften besitzen muss, und da endlich die Auffangstange selbst aus einem Metalle von möglichst grosser relativer Festigkeit bearbeitet werden soll, so ist man, abgesehen von anderweitigen Rücksichten, die hier ebenfalls noch in Erwägung zu bringen wären, genöthigt, die Auffangstange aus zwei Kegeln mit verschiedenen Spitzenwinkeln zusammenzusetzen, von denen der untere stumpfe Kegel aus Schmiedeeisen, der obere aber aus einem Metalle besteht, das ein möglichst grosses specifisches Leitungsvermögen für Entladungsströme besitzt, den atmosphärischen Einwirkungen widersteht, und ausserdem einen hohen Schmelzpunkt haben soll.

Der untere und bei weitem längste Theil der Auffangstange kann in der Weise, wie oben erwähnt, angefertigt werden; nur soll derselbe nach seiner Anfertigung durch gehöriges Abrunden eine Gestalt erhalten, die nahezu der eines stumpfen Kegels gleich ist *. Der Durchmesser des oberen Querschnittes des letzteren soll nicht geringer sein, als der der Leitung selbst, der Durchmesser des unteren Querschnittes aber richtet sich nach der Länge desselben. Die Grösse des unteren Querschnittes wird in der Regel schon von der Anfertigung der Stange bestimmt. Aus Rücksicht für die Festigkeit derselben nimmt man den unteren Durchmesser der Stange nie geringer als $^3/_4$ Par. Zoll, während derselbe für bedeutende Längen viel grösser angenommen werden muss. Für Längen der Stange von 12 bis 15 Fuss soll nach den bekannten Erfahrungen der untere Durchmesser nie kleiner als 15 Par. Linien sein; für eine Länge der Auffangstange von 7 bis 9 Meter (beiläufig 22 bis 26 Par. Fuss), wie solche auf grossen Gebäuden benutzt werden, gibt man denselben nach Vorschrift der älteren französischen Commission an der Basis die Dicke von 54 bis 60 Millimeter (24 bis 26,5 Par. Linien), für Längen von 10 Meter (30,78 Par. Fuss) wird die Dicke der Basis zu 63 Millimeter (etwa 28 Linien) angenommen.

Eisenlohr gibt für die Anordnung einer Auffangstange die nachstehenden Elemente an [25]:

Länge der Auffangstange.	Entsprechender Durchmesser der Basis.
3 bis 4 Fuss	7,98 Linien.
5 Fuss	9,31 „
6 „	10,64 „
7 „	11,97 „
8 „	13,30 „
9 „	14,63 „
10 „	15,96 „

* Am zweckmässigsten dürfte es sein, sich hiefür schon gleich von vorneherein des Rundeisens zu bedienen, und derlei Stangen, wie sie im Handel vorkommen, durch Strecken und durch Aneinanderschweissen auf die gehörige Gestalt und Länge zu bringen.

Länge der Auffangstange.	Entsprechender Durchmesser der Basis.
11 Fuss	17,29 Linien.
12 „	18,62 „
13 bis 14 Fuss	19,95 „
15 „ 17 „	21,28 „
18 „ 21 „	22,61 „
22 „ 26 „	23,94 „
27 „ 29 „	25,27 „
30 Fuss	26,60 „

Eine Auffangstange von 3 bis 5 Fuss Länge kann immer nahezu cylindrisch gemacht werden, so dass der oberste Querschnitt derselben dem an der Basis nahezu gleich wird. Bei jeder grösseren Länge aber soll man die Verjüngung des unteren Theiles der Auffangstange so gering machen, dass der Durchmesser ihres oberen Endes noch mindestens 8 Par. Linien hat. (Dieser untere Theil der Auffangstange kann also nur nahezu die Kegelform bekommen, da er durch Abrunden eines beiläufig obeliskenförmigen Eisenstückes erhalten wird.)

Die Spitze des Blitzableiters.

Die eiserne Auffangstange muss, wie bereits erwähnt, durch einen Kegel an ihrem oberen Ende geschlossen werden, der aus einem Material von den oben erwähnten Eigenschaften gefertigt sein muss. Dieser Kegel, die sogenannte Spitze des Blitzableiters, ist bis jetzt niemals so eingerichtet worden, dass sie durch stattgehabte Blitzschläge nicht unwirksam gemacht wurde.

Bei den ersten Blitzableitern war die ganze Auffangstange aus Eisen. Schon Franklin hielt es für rathsam, die Spitze durch einen 12 Zoll langen Kegel aus Kupfer zu ersetzen. Später wurde die Spitze selbst auch aus Eisen und beiläufig 1 Fuss lang gemacht, aber stark vergoldet. Da aber eine solche Vergoldung des Eisens, die dauerhaft sein soll, nicht leicht hergestellt werden kann, und da ferner die Leitungsfähigkeit einer eisernen Spitze zu gering ist, um, wenn auch die Spitze selbst ihre Wirksamkeit beibehalten würde, nicht in unmittelbarer Nähe der Spitze durch Blitzesentladungen geschmolzen zu werden, so verbesserte man die Einrichtung der Auffangstange abermals dadurch, dass man wieder entweder messingene oder kupferne Spitzen wählte. Aber auch diese zeigten sich nicht als zweckmässig, weshalb man die Vergoldung derselben für nöthig erachtete. Da aber selbst Spitzen aus vergoldetem Kupfer bei langen Auffangstangen sich in der Praxis nicht als ausreichend erwiesen, und da man andererseits derlei Spitzen ihrer Kostspieligkeit halber bei kleineren Gebäuden nicht in Anwendung bringen konnte, so suchte man allerlei Ersatzmittel für dieselben.

So wurde von Patterson der Vorschlag gemacht, die Spitzen aus Reissblei (Graphit) zu verfertigen; aber schon van Marum zeigte, dass dieses Material für den in Rede stehenden Zweck ganz unbrauchbar ist [26]. Andere Vorschläge gingen dahin, als Material für die Spitze solcher Metalllegirungen sich zu bedienen, die den edlen Metallen bezüglich ihres Verhaltens in der Atmosphäre ähnlich sind [27].

Nach der Meinung von Gütle sollte man die Spitzengestalt bei Blitzableitern ganz und gar umgehen, und statt der Spitzen die lanzenförmigen Blitzableiterstangen einführen, wie sie bei Ausführung der in Franken seiner Zeit von ihm angelegten Blitzableiter benutzt wurden [28].

Allen den Uebelständen, welche die zugespitzten Auffangstangen begleiteten, suchte man schon in früherer Zeit dadurch zu begegnen, dass man anstatt einer Spitze deren drei oder fünf und zuweilen noch mehrere aus vergoldetem Eisen oder Kupfer anbrachte, und es lag ein Grund hievon wohl auch darin, dass man annahm, es werden wohl bei einem etwa eintretenden Blitzschlage nicht sogleich alle Spitzen unbrauchbar, so dass also der Blitzableiter dennoch seine Wirksamkeit beibehalten könne, wenn auch die eine oder andere Spitze schadhaft geworden ist [29].

Indem wir uns des näheren Eingehens auf alle diese eben erwähnten Vorschläge und Einrichtungen bezüglich der Spitzen enthalten dürfen, so mag die Bemerkung ausreichen, dass unter allen den hier angeführten Constructionen die *vergoldeten* Kupferspitzen — die einfachen nämlich — immer noch als die zweckdienlichsten erkannt werden mussten.

Die von der französischen Commission im Jahre 1823 bezüglich der Anordnung der Spitzen der Blitzableiter gegebene Vorschrift bestand in Folgendem. Das obere Ende der zugespitzten eisernen Auffangstange wird auf eine Länge von etwa *55* Centimeter (beiläufig 20,1 Par. Zoll) abgenommen, und dieses Stück ist durch eine kegelförmige Kupferspitze, die am Ende vergoldet, oder mit einer kleinen Platinspitze von *5* Centimeter (22,17 Par. Linien) Länge versehen ist, zu ersetzen. Statt der Platinspitze aber könne man auch eine Spitze von der Legirung der Silbermünzen — 9 Theile Silber + 1 Theil Kupfer — mit gleichem Vortheile benutzen.

In neuerer Zeit wurde durch die hiezu berufene akademische Commission eine Abänderung dieser Einrichtung beantragt. Obgleich man nämlich im Allgemeinen den Kupferspitzen den Vorrang gegen die Platinspitzen einräumen musste, so entschied sich, der atmosphärischen Einflüsse halber, denen das Kupfer bekanntlich nicht widersteht, die Commission dahin, die Spitzen aus Platin in der Weise, wie sie von Deleuil angefertigt werden, einzuführen und beizubehalten. Diese Spitzen sollen *2* Centimeter (8,87 Par. Linien) an ihrem unteren Ende im Durchmesser, eine Höhe von *4* Centimeter (17‴,74) haben, und sollen unmittelbar an der eisernen Auffangstange angebracht werden. Eine andere Spitze, auch aus Platin, wurde ebenfalls begutachtet, die in Form einer Kapsel den kupfernen Conus der Auffangstange gut angelöthet umhüllen soll; jedoch wurde jene Anordnung, bei welcher der Spitzenwinkel der vollen Platinspitze beiläufig 28° bis 30° beträgt, beibehalten [30].

Als einen der wichtigsten Punkte fand sich die Commission veranlasst, den hervorzuheben, dass ein blosses Verschrauben der Platinspitze mit der Eisenstange nicht ausreichend sei, dass vielmehr ein Verlöthen mit einem hiezu geeigneten Schlagloth als unumgänglich nothwendig erkannt werden müsse. Das oberste Ende der Stange soll nämlich keinen kleineren Durchmesser als *2* Centimeter (8‴,87) haben; hieran wird in der Axe mit der Feile ein Cylinder von

1 Centimeter (4''',44) Durchmesser und Höhe gemacht, und in diesen ein Schraubengewinde eingeschnitten; der volle Platinkegel wird nach einer hieran passenden Schraubenmutter ausgehöhlt, auf das Eisen sodann geschraubt, und hierauf gut mit einem Schlagloth verlöthet.

Es kann übrigens kein ausreichender Grund gefunden werden, warum man nicht chemisch reines Silber statt des Platins oder statt des vergoldeten oder mechanisch verplatinirten Kupfers für die Spitzen der Blitzableiter an grösseren Gebäuden nimmt. — Das Leitungsvermögen des reinen Silbers für Entladungsströme ist beiläufig

1,36	Mal so gross wie das des reinen	Kupfers
1,81	„ „ „ „ „ „ „	Goldes
7,7	„ „ „ „ „ „ „	Eisens
9,6	„ „ „ „ „ „ „	Platins.

Der Schmelzpunkt des Silbers ist etwa 1000° C., also, im Falle man denselben für den vorliegenden Zweck in Betrachtung ziehen will, jedenfalls hoch genug, um eine Veränderung der Cohäsion durch Einfluss der Wärme nicht befürchten zu müssen, wenn die Leitungsfähigkeit der Spitze selbst ausreichend ist. Die Unveränderlichkeit unter dem Einflusse der Atmosphäre ist ohnehin eine charakteristische Eigenschaft des Silbers, und es würden höchstens derartige Aenderungen nur dann eintreten können, wenn das Silber einer Atmosphäre ausgesetzt wird, welche luft- oder wasserförmige Schwefelverbindungen enthält. Ausserdem ist bei gleichem Gewichte der Preis des Silbers nur etwa der vierte oder fünfte Theil von dem des Platins, und es mögen die Kosten einer Silberspitze kaum so viel, wie die einer vergoldeten Kupferspitze betragen; ferner lässt sich das Silber sehr leicht bearbeiten und mit anderen Metallen durch Löthen verbinden. Eine solche Silberspitze würde, wenn ihre Basis einen Durchmesser von 8 bis 9 Linien erhält, viel länger gemacht werden dürfen, als eine Platinspitze, ohne dass die Kosten dabei sich höher herausstellen, wie für die aus Platin, während ihre Wirksamkeit hiedurch erhöht werden könnte. Man kann es daher vorläufig als ausgemacht ansehen, dass, so lange ein anderes Metall oder eine Metalllegirung, die jene Eigenschaften in noch höherem Grade besitzen, wie das Silber, nicht angegeben werden kann, dieses Metall für den vorliegenden Zweck am geeignetsten sein dürfte.

Was nun die Zusammensetzungsweise der Auffangstange betrifft, so kann bemerkt werden, dass es ausreicht, den eisernen Theil derselben in ganz derselben Weise, wie die neue französische Commission diess vorschreibt, mit der silbernen Spitze zu verbinden; dass aber dabei die ältere Construction der Auffangstange nach der Vorschrift aus dem Jahre 1823 bezüglich der sonstigen Anordnungen als maassgebend für die meisten der vorkommenden Fälle zu betrachten, als wünschenswerth bezeichnet werden kann.

Verbindung der Auffangstange mit dem zu schützenden Bauwerke.

Ist eine Auffangstange in der eben beschriebenen, oder überhaupt in einer solchen Weise angefertigt, dass sie den gestellten Bedingungen entspricht, so wird sie an ihrem Ende, etwa 3,5 bis 4 Zoll von der Stelle entfernt, wo sie

mit dem höchsten Theile des zu schützenden Objectes verbunden ist, entweder mit einem — verzinkten — Eisenbleche, das eine conische Form, mit seiner Oeffnung nach unten gerichtet, hat, versehen, oder man schweisst an dieser Stelle einen eisernen Ring an die Stange, der auf dem Ambos nach einer kreisförmigen Platte ausgestreckt wird, die man an ihren Rändern so neigt oder abbiegt, dass sie die Form des Mantels eines abgestumpften Kegels mit grosser Basis erhält.

Die Einrichtung der Stange richtet sich ausserdem nach der Art und Weise, wie dieselbe an das zu schützende Object angebracht werden soll, und nach dem letzteren selbst.

Für kleinere oder grössere Wohngebäude, für Kirchen, Magazine u. dergl., kann die Auffangstange immer unter Berücksichtigung aller bis jetzt hierüber gegebenen Lehren so eingerichtet werden, wie diess in *Figg.* 27 und 28 dargestellt und in Frankreich gebräuchlich ist. Hiebei ist in *A* angezeigt, wie die Spitze in das obere Ende der Auffangstange befestigt, in *B* sichtbar, wie die einzelnen Theile der letzteren zusammengesetzt werden können, in *C* angezeigt, wie die Leitung mit der Stange verbunden werden kann, und bei *DE* der conische Ansatz angedeutet, welcher zum Abflusse des Regenwassers dient. Dass die Spitze *AA,* nicht mehr die Länge zu erhalten braucht, wie hier vorausgesetzt ist, wurde oben (Seite 95) erwähnt, und dort ist auch hinlänglich erörtert worden, in wie weit sich die Zusammensetzungsweise der Auffangstange nach der neuen Construction von der in *Figg.* 27 und 28 bei *A* angedeuteten Anordnung unterscheiden soll. Ferner wird man in Fällen, wo die Auffangstange

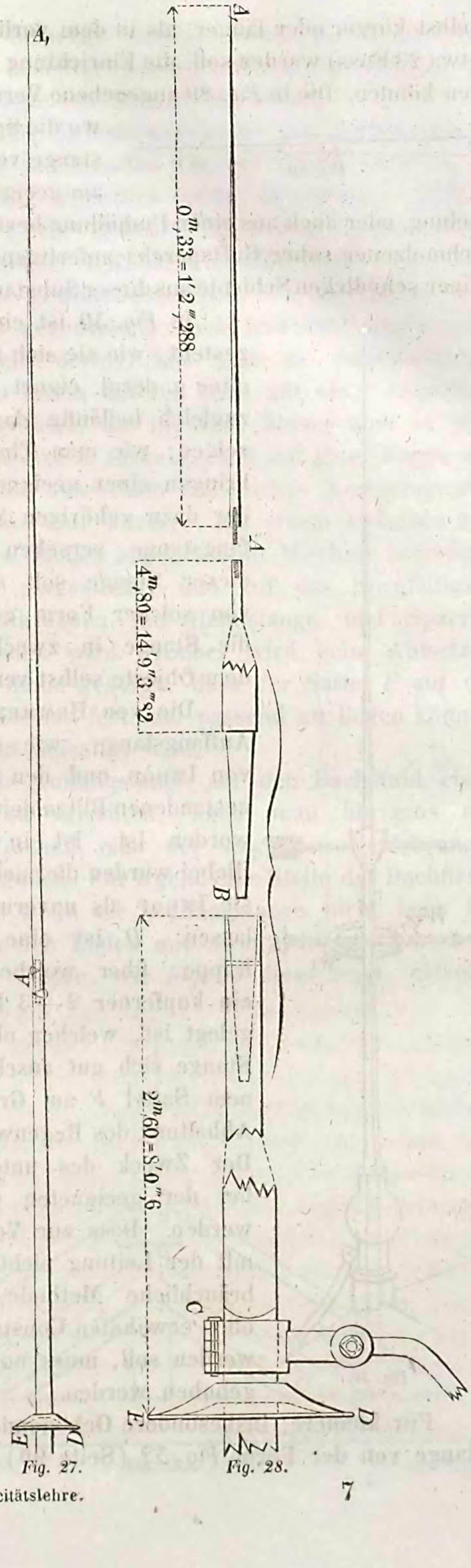


Fig. 27. Fig. 28.

selbst kürzer oder länger, als in dem vorliegenden Beispiele (zu etwa 23 Fuss) werden soll, die Einrichtung leicht darnach bemessen können. Die in *Fig. 29* angegebene Verstärkung an der Stelle, wo die Spitze mit der Auffangstange verbunden wird, würde am geeignetsten aus einer Kuppelung, oder auch aus einer Umhüllung bestehen, die man aus geschmolzener roher Guttapercha anfertigen kann, indem man mit einer sehr dicken Schichte aus dieser Substanz jene Stelle umpresst.



Fig. 29.

In *Fig. 30* ist eine Auffangstange dargestellt, wie sie sich für Kirchen, hohe Kamine u. dergl. eignet, und dieses Bild kann zugleich beiläufig dazu dienen, um anzuzeigen, wie man Thurmkreuze durch Anbringen einer geeigneten Verlängerung und der dazu gehörigen Spitze mit einer Auffangstange versehen könnte. Der Fuss dieser Stange soll aus Kupferblech und von solcher Form gemacht werden, dass die Stange in zweckmässiger Weise mit dem Objecte selbst verbunden werden kann.

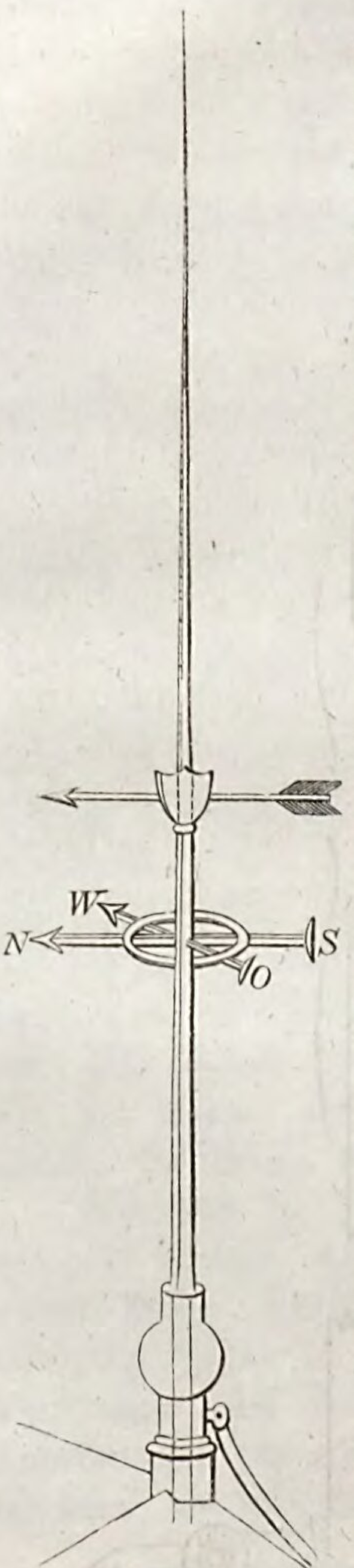


Fig. 30.

Die von Hemmer benutzte Form der Auffangstange, wie dieselbe später auch von Imhof und den unter seiner Leitung gestandenen Blitzableitersetzern angewendet worden ist, ist in *Fig. 31* dargestellt. Hiebei wurden die mehrfachen Spitzen, wie sie Imhof als unvermeidlich hielt, fortgelassen. *D* ist eine kegelförmige hohle Kappe, über welche ausser dem Dache ein kupferner 2—3 Fuss langer Stiefel *B* gelegt ist, welcher oben am Halse an die Stange sich gut anschliesst, und mit seinem Sattel *F* am Grade des Daches zur Abhaltung des Regenwassers befestigt wird. Der Zweck des unteren Theiles *E* soll bei der geeigneten Gelegenheit erläutert werden. Dass zur Verbindung der Stange mit der Leitung nicht die nach Imhof gebräuchliche Methode, sondern eine der oben erwähnten Constructionen angewendet werden soll, muss noch besonders hervorgehoben werden.

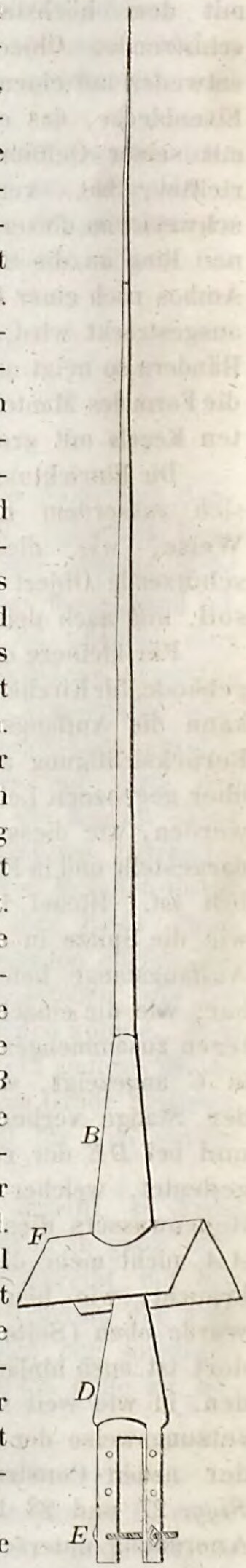


Fig. 31.

Für kleinere, insbesondere Oekonomiegebäude möchte eine Stange von der Form *Fig. 32* (Seite 99) ebenfalls ausreichen.

Nur muss bemerkt werden, dass die Kantenform wohl dabei beseitigt werden müsste, wenigstens an der hervorragenden Strecke derselben.

Ueber die Befestigungsweise der Auffangstange an dem zu schützenden Objecte lassen sich allgemeine Regeln eigentlich nicht feststellen. Jedoch sollen die hiefür üblichen Methoden, insbesondere für gewöhnliche Gebäude ebenfalls hier angegeben werden. Die gewöhnlichste Art, wie sie früher sehr häufig, und gegenwärtig noch zuweilen angewendet wird, besteht darin, dass man die Auffangstange (*Fig. 31*) an ihrem unteren Ende mit einer conischen Röhre *D* versieht, die in zwei, besser aber in vier federnde Ansätze *E* ausgeht, und mit jener Kappe auf eine entweder ausserhalb des Daches hervorragende, oder auch auf eine kürzere, auf einem zwischen den Sparren des Daches angebrachten Wechsel befestigte Helmstange aufgesteckt, und auf das Sorgfältigste durch Verschrauben mit Helmstange und Sparren fest verbunden wird. Hiebei wird beim Aufsetzen der Stange dafür gesorgt, dass der Sattel *F* auf die Kante des Daches fest und passend zu liegen kömmt, und hier gut befestigt wird.

Um die Auffangstange auf den Dachstuhl eines Gebäudes zu errichten, kann man übrigens mit grossem Vortheil eine der folgenden Verfahrungsweisen anwenden. Für irgend eine Stelle der Dachfirste kann man, wenn die Auffangstange nicht hoch ist, dieselbe an den Enden mit zwei Schienen versehen, und in der Weise, wie *Fig. 33* diess zeigt, dieselbe

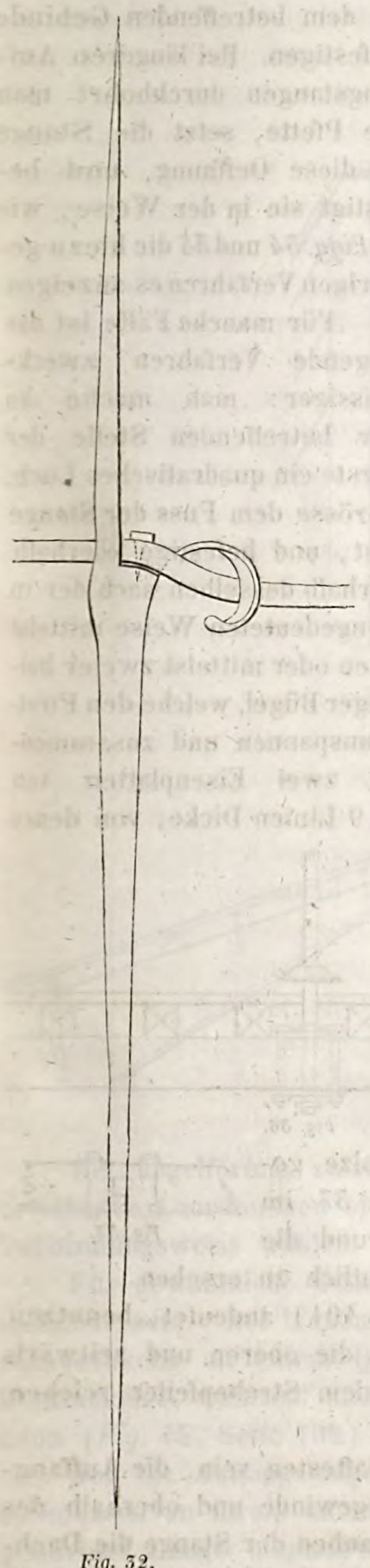


Fig. 32.

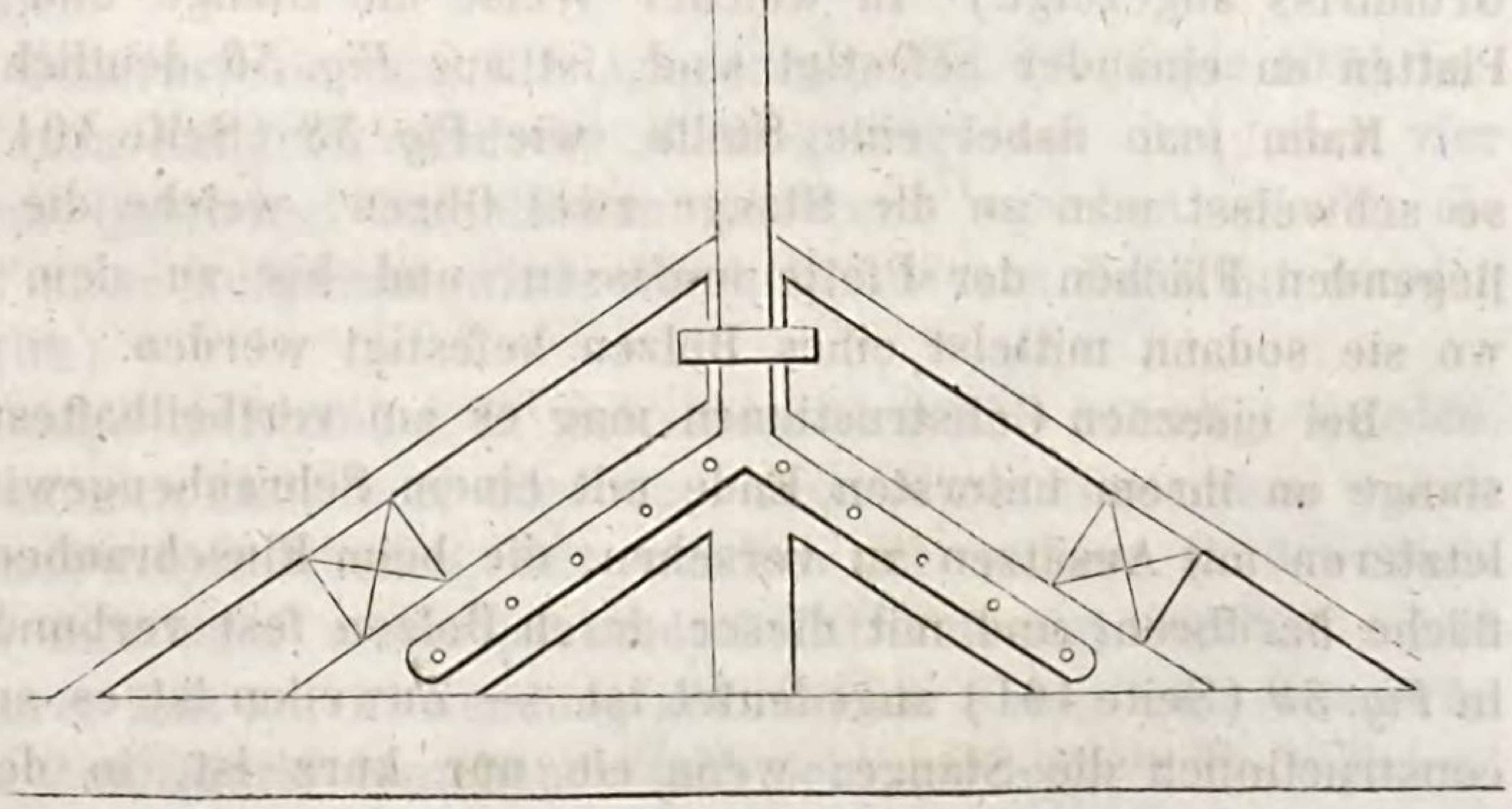


Fig. 33.

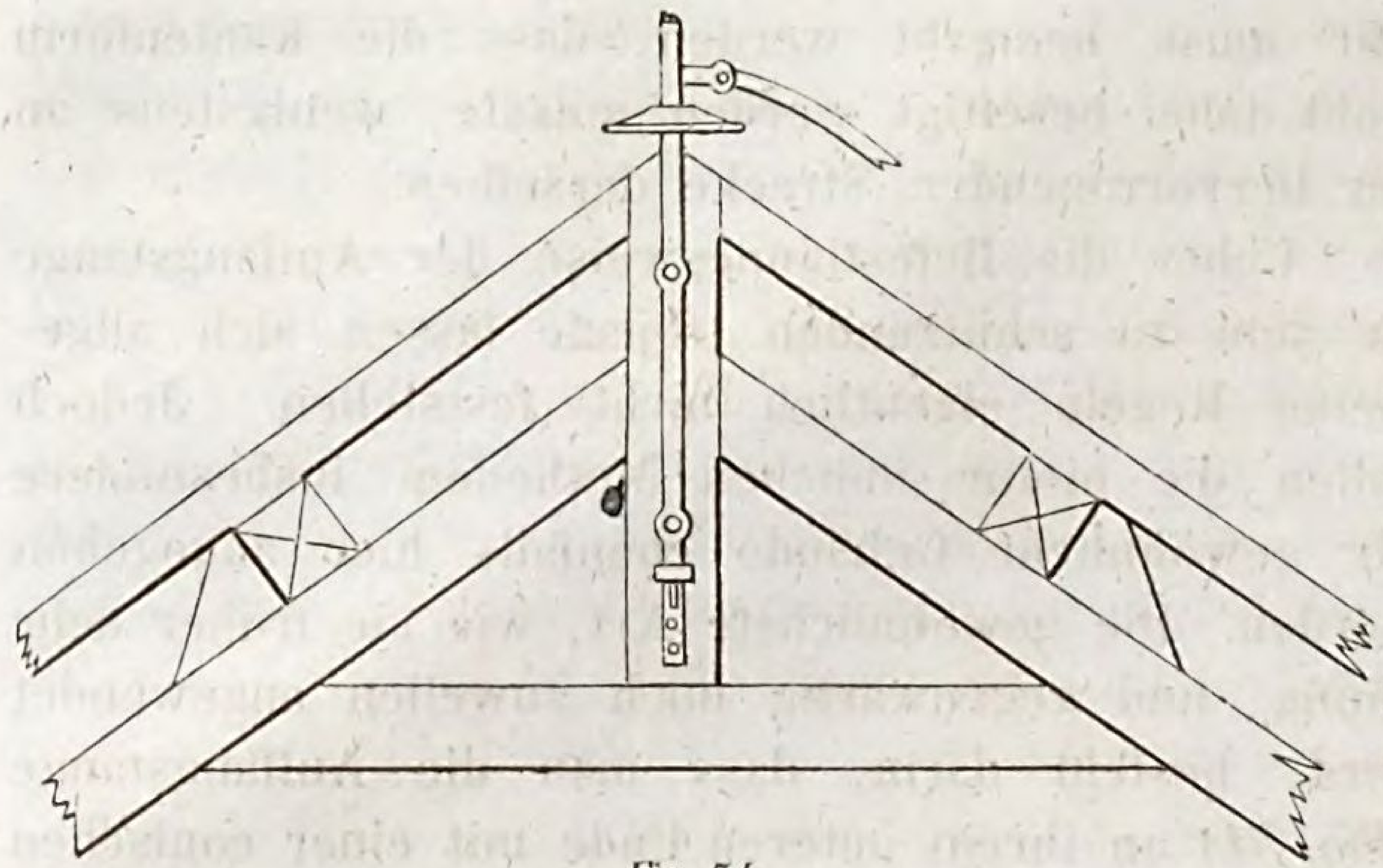


Fig. 34.

an dem betreffenden Gebinde befestigen. Bei längeren Auffangstangen durchbohrt man die Pfette, setzt die Stange in diese Oeffnung, und befestigt sie in der Weise, wie in *Figg. 34* und *35* die hiezu gehörigen Verfahren es anzeigen.

Für manche Fälle ist das folgende Verfahren zweckmässiger: man mache an der betreffenden Stelle der Firste ein quadratisches Loch, das an Grösse dem Fuss der Stange gleich ist, und befestige oberhalb und unterhalb desselben nach der in *Fig. 36* angedeuteten Weise mittelst vier Bolzen oder mittelst zweier bolzenförmiger Bügel, welche den Firstbalken umspannen und zusammenpressen, zwei Eisenplatten von beiläufig 9 Linien Dicke, von denen jede mit einem Loche versehen ist, das dem im Holze gemachten entspricht. (Eine der Platten ist in *Fig. 37* im Grundriss angezeigt.) In welcher Weise die Stange und die Platten an einander befestigt sind, ist aus *Fig. 36* deutlich zu ersehen.

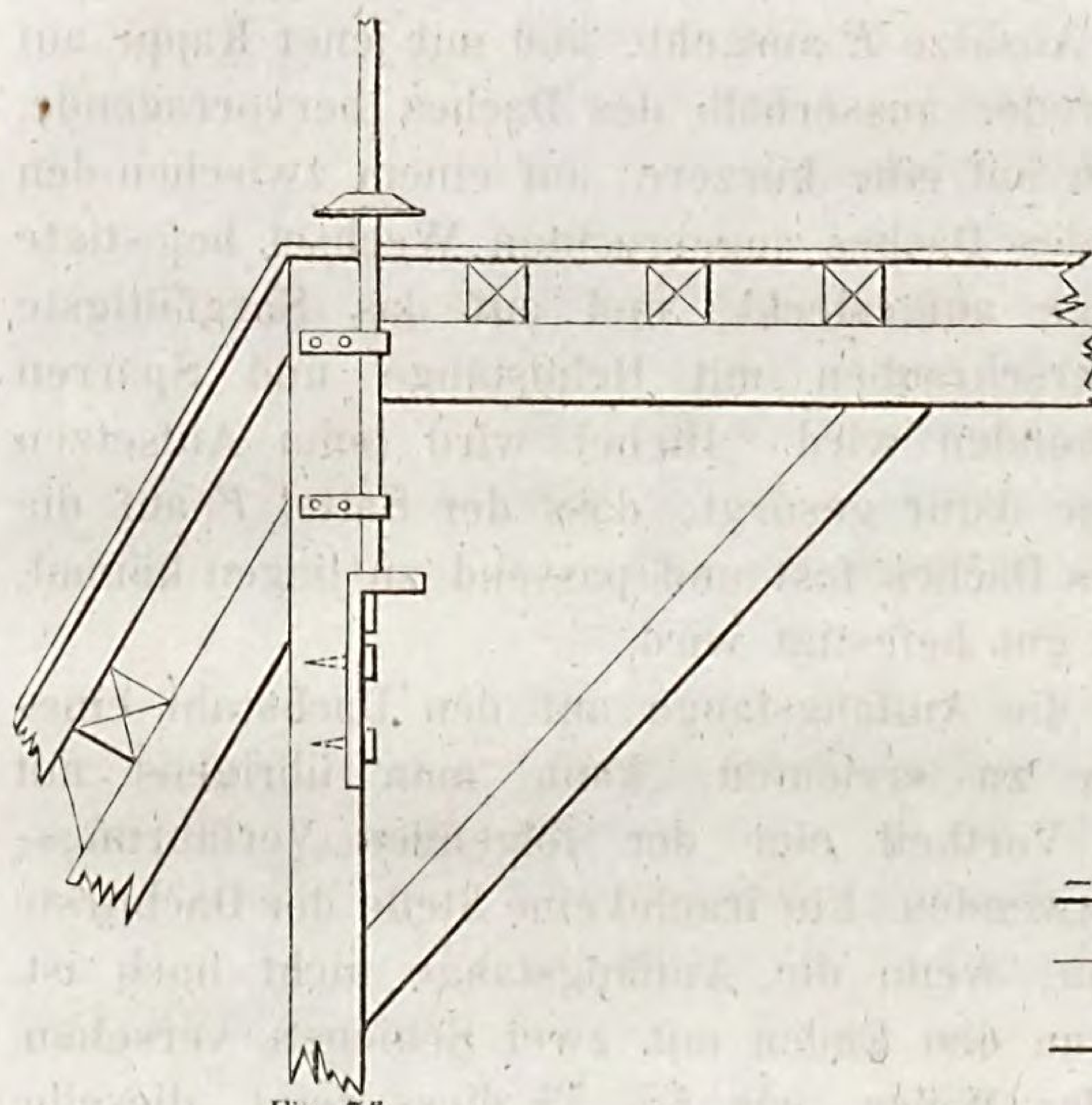


Fig. 35.

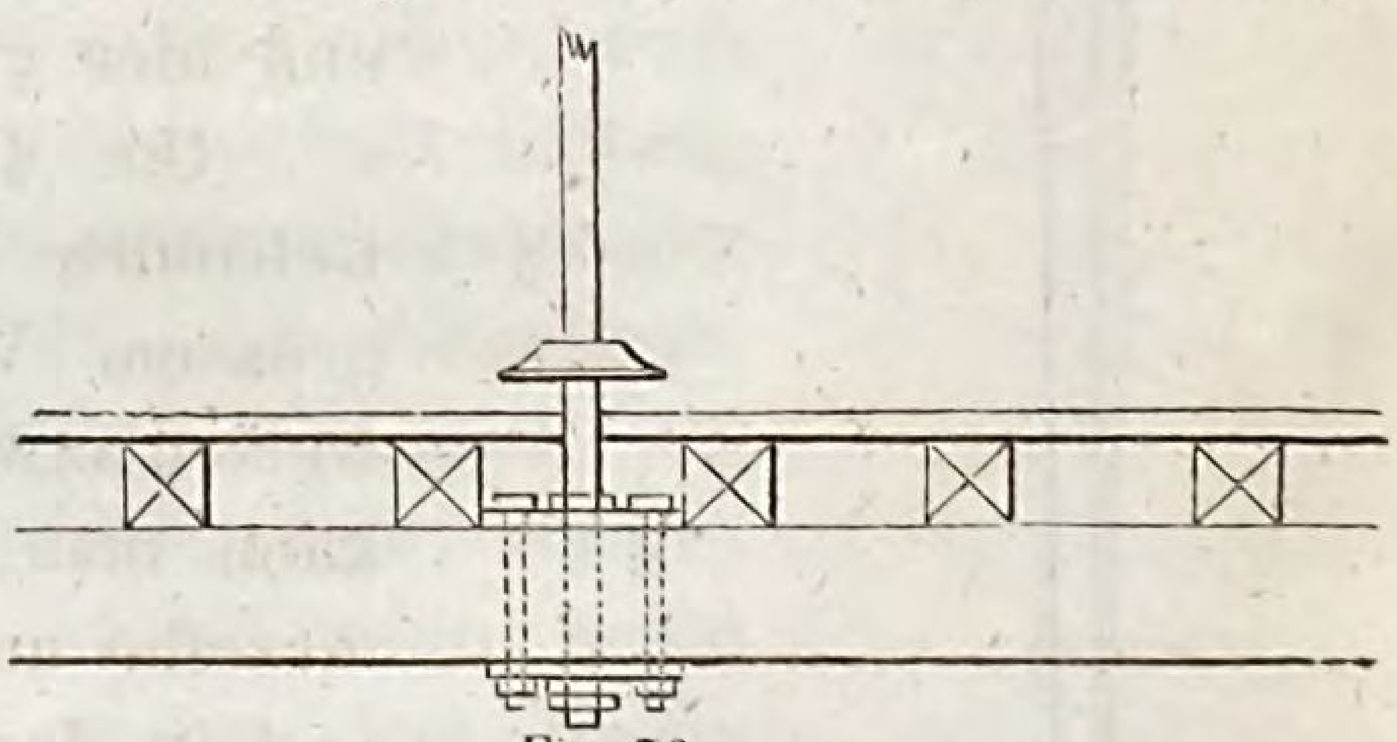


Fig. 36.

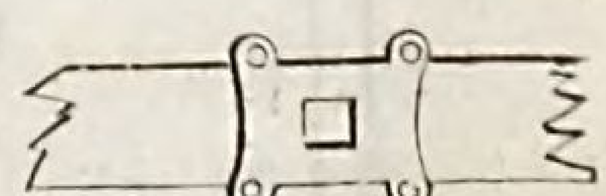


Fig. 37.

Kann man dabei eine Stelle, wie *Fig. 38* (Seite 101) andeutet, benutzen, so schweisst man an die Stange zwei Ohren, welche die oberen und seitwärts liegenden Flächen der Pfette umfassen, und bis zu dem Strebepfeiler reichen, wo sie sodann mittelst eines Bolzen befestigt werden.

Bei eisernen Constructionen mag es am vortheilhaftesten sein, die Auffangstange an ihrem untersten Ende mit einem Schraubengewinde und oberhalb des letzteren mit Ansätzen zu versehen, die beim Einschrauben der Stange die Dachfläche berühren, und mit dieser durch Bolzen fest verbunden werden, wie diess in *Fig. 39* (Seite 101) angedeutet ist. — Zuweilen ist es auch zulässig bei Holzconstructionen die Stange, wenn sie nur kurz ist, in der *Fig. 40* (Seite 101) angedeuteten Weise anzuordnen, und in die Pfette einzuschrauben.

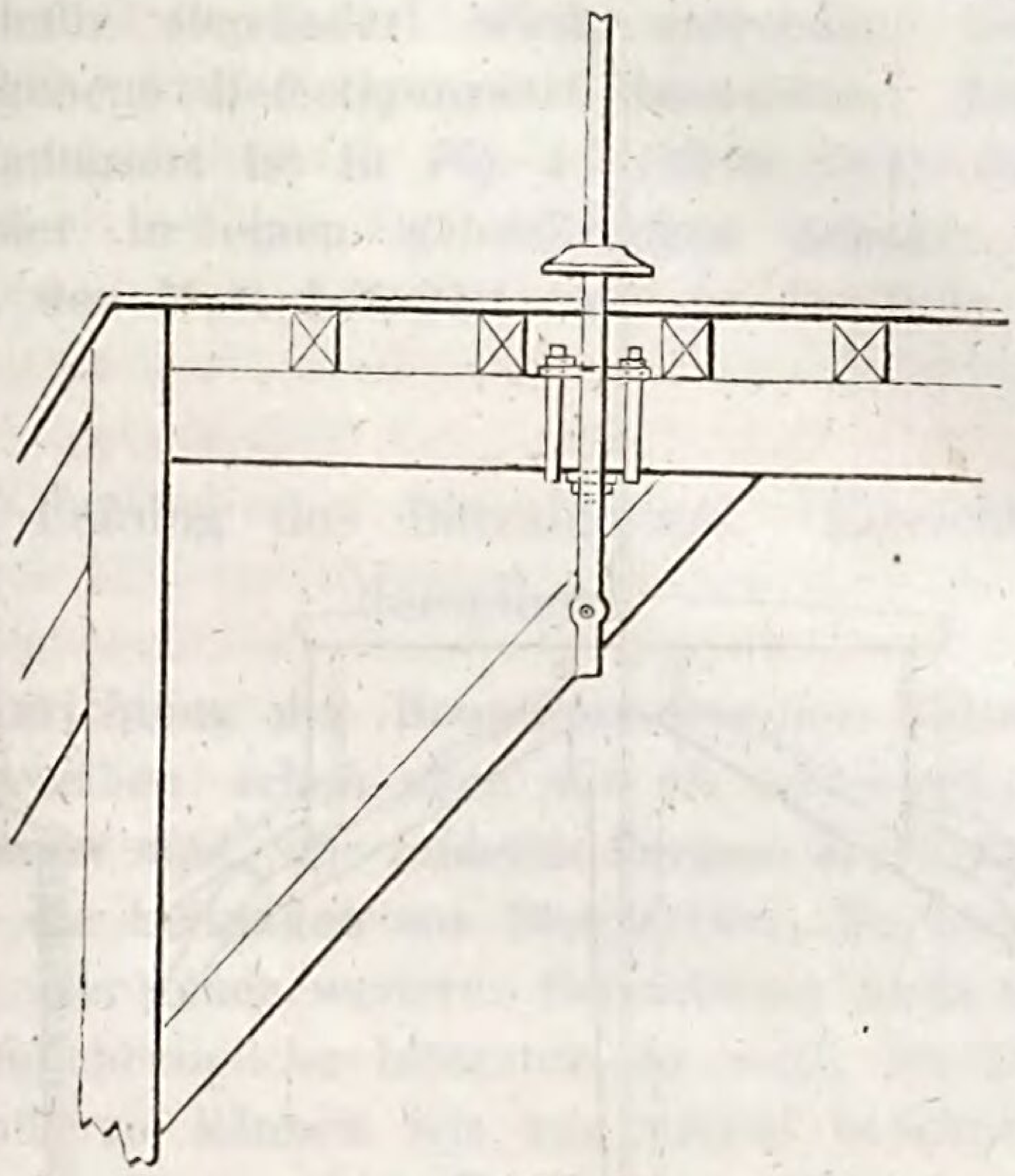


Fig. 38.

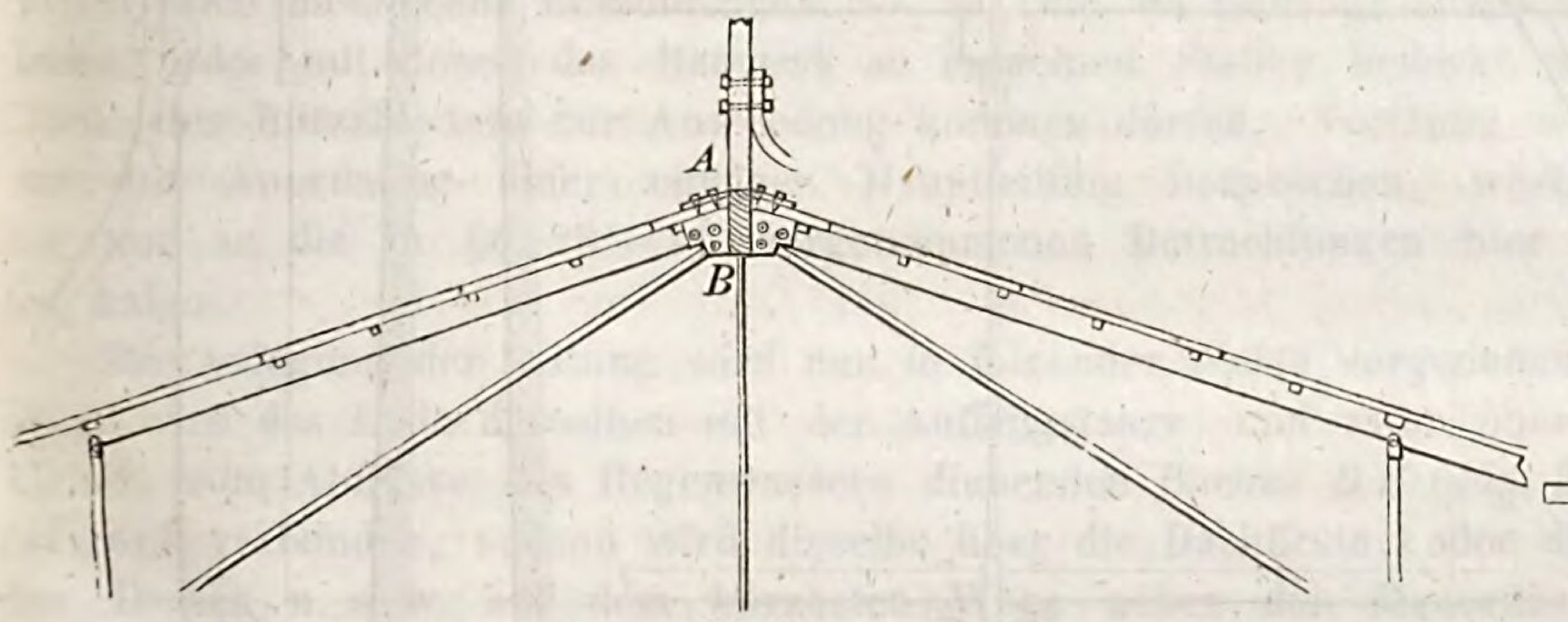


Fig. 39.

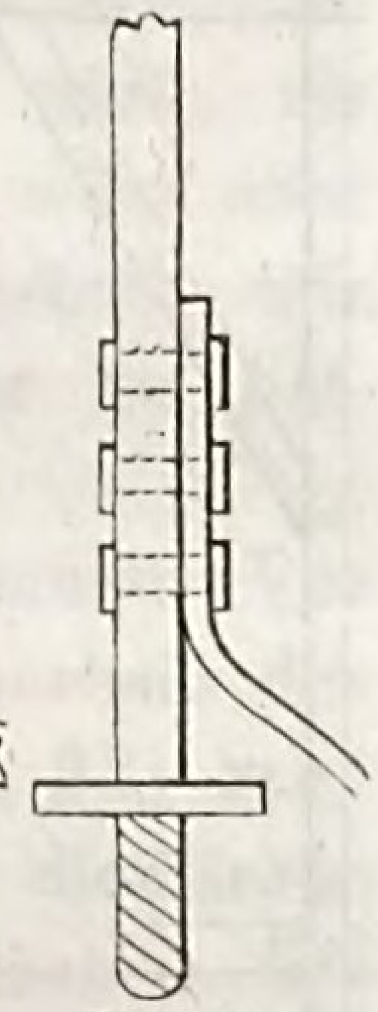


Fig. 40.

Bei kegelförmig zulaufenden Dächern kann man, wenn eine der vorhin erwähnten Anordnungen nicht zulässig ist, die in *Fig. 41* (Seite 102) angedeutete Verbindungsweise wählen.

Für gewöhnliche Schornsteine mag die Anordnung *Fig. 42* (Seite 102) anwendbar sein. Bei langen Kaminen wird die Auffangstange mit drei oder vier rechtwinkelig an einem Querbügel befindlichen Ansätzen versehen, die in die Kaminmauer, während diese aufgebaut wird, durch Einmauern befestigt werden kann (*Fig. 43*, Seite 102).

Soll die Auffangstange in Stein, z. B. auf einem Gewölbe befestigt werden, so müssen an ihrem unteren Ende drei oder vier zugespitzte Füsse u. s. w. von gehöriger Länge angeschweisst werden, mit welchen sie sodann in den Stein eingesetzt, und durch Blei oder einen passenden Kitt befestigt werden muss. Hiezu soll der in neuerer Zeit zur Anwendung gekommene Sorel'sche chemische Cement oder Kitt, aus Zinkchlorid bestehend, sich sehr gut eignen [31], während der Schwefel, sowie andere in früherer Zeit angewendete Kittsorten sich nicht

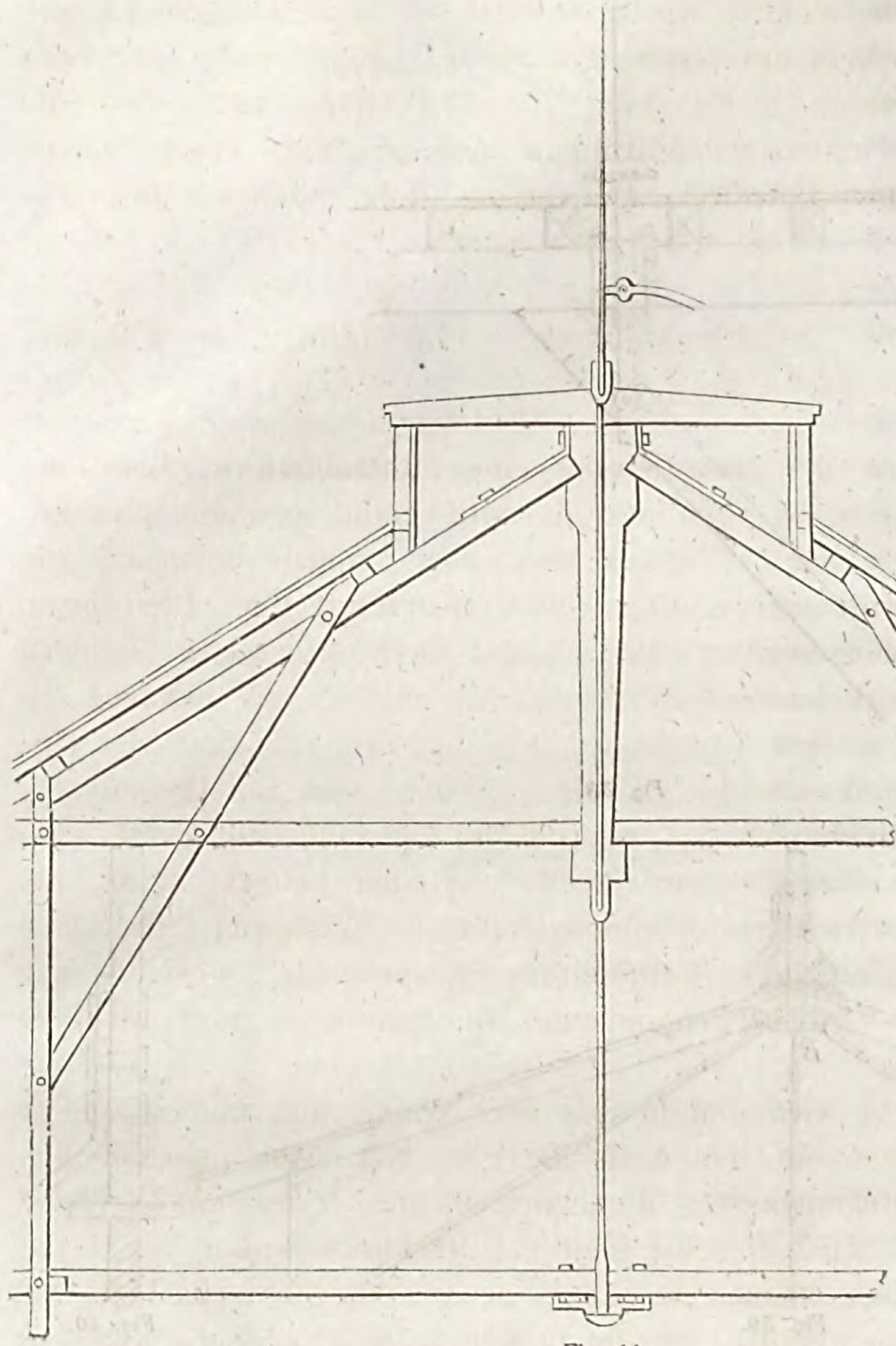


Fig. 41.

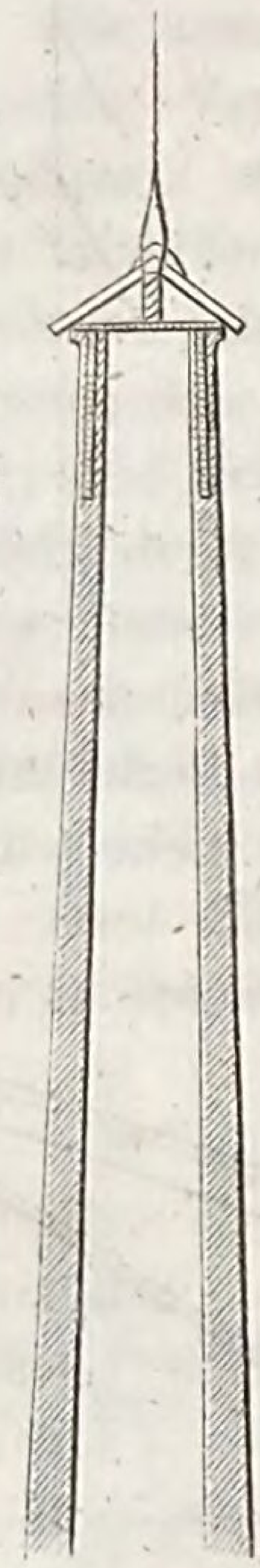


Fig. 43.

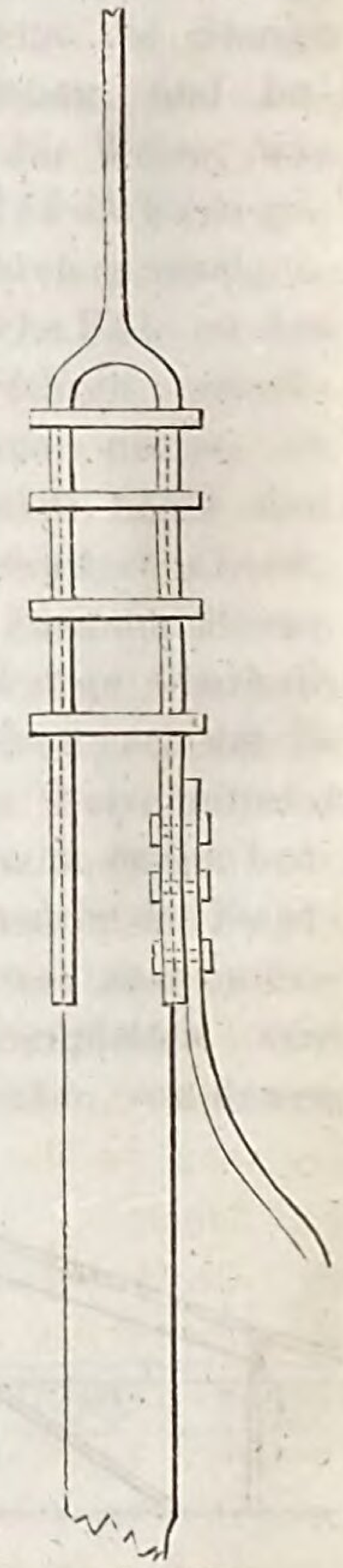


Fig. 44.

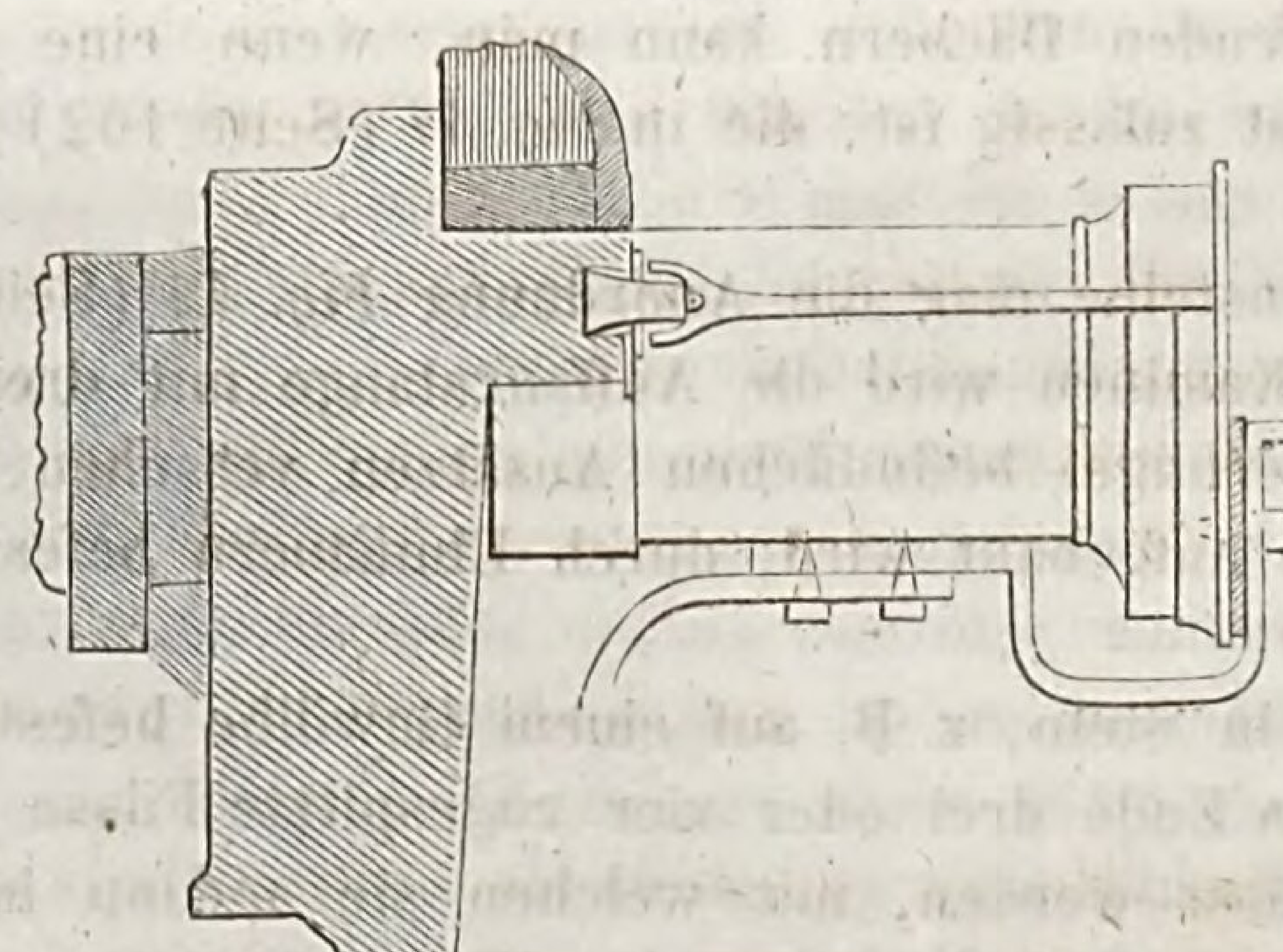


Fig. 42.

als brauchbar erwiesen. Zur Befestigung einer Auffangstange auf einen Mastbaum kann man jede der bisher angedeuteten Verfahrungsweisen, wenn sie in

passender Weise hiefür abgeändert wird, anwenden; insbesondere ist die durch *Fig. 51* angegebene Befestigungsart brauchbar. Eine noch sicherere und einfache Befestigungsart ist in *Fig. 44* (Seite 102) dargestellt; die Auffangstange endigt hier in einen gabelförmigen Ansatz, der durch angeschweisste Ringe an den Mast befestigt, und in das Holz möglichst tief eingetrieben wird.

§. 33. Ueber die Leitung des Blitzableiters. Einrichtung der Führung derselben.

Da über die Einrichtung der Hauptleitung eines Blitzableiters, über die Gestalt und Dicke derselben, schon oben alle als nothwendig erscheinenden Erörterungen vorgekommen sind, alle anderen Formen aber, welche dort nicht zur Sprache kamen, wie die Leitungen aus Bleistreifen, Kupferstreifen, Bleiröhren, Kupferröhren u. s. w., hier einer weiteren Betrachtung nicht unterzogen, sondern *nur später* die hierauf bezügliche Literatur so weit, als sie uns bekannt ist, angeführt werden soll, so können wir uns darauf beschränken, nur die Bemerkung einstweilen anzufügen, dass für Zweig-, Neben- und Zuleitungen zuweilen auch metallische Bekleidungen u. s. w., die am Gebäude selbst sich vorfinden, oder mit denen das Bauwerk an einzelnen Stellen bedeckt wird, als *Theile* des Blitzableiters zur Anwendung kommen dürfen. Vorläufig wird aber *nur* die Anordnung einer einzigen Hauptleitung besprochen, weshalb wir uns nur an die in §§. 28—31 vorgenommenen Betrachtungen hier zu halten haben.

Die Anlegung der Leitung wird nun in folgender Weise vorgenommen. Vor allem wird das Ende derselben mit der Auffangstange, und zwar oberhalb des kleinen zum Abflusse des Regenwassers dienenden Daches *DE* (*Fig. 28*) metallisch verbunden, sodann wird dieselbe über die Dachfirste, oder die Grade des Daches u. s. w. auf dem kürzesten Wege neben den Mauerflächen der Façade u. s. w. bis zum Boden geführt, wo sie in der unten angegebenen Weise mit der Bodenleitung metallisch verbunden werden muss. Ist daher die Leitung von solcher Dicke, dass man ihr an Ort und Stelle nicht leicht die passende Form geben kann, so muss sie eben nach einer genauen Zeichnung des Bauwerkes, zu dem sie gehören soll, vorher in der Werkstätte bearbeitet und sodann in gehöriger Weise zusammengesetzt werden.

Um nun der Leitung eine bestimmte Richtung geben und dieselbe so befestigen zu können, dass sie diese Richtung auch unveränderlich und sicher beibehält, wenn auch irgendwelche störende Kräfte auf sie einwirken würden, ist es nothwendig, dieselbe mit einer zweckmässigen Führung zu versehen.

Hier entsteht nun vor allem die Frage: ob es als nothwendig erscheint, eine isolirende oder eine nichtisolirende Führung zu wählen? — Zur Beantwortung dieser Frage ist es nothwendig, die Umstände selbst zu beachten, unter welchen der Blitzableiter angelegt werden soll; sie würde sich daher nur dann vollständig erledigen lassen, wenn man alle möglichen Fälle, für welche die Leitungen ge-

hören sollen, detaillirt betrachten würde. Dass derlei Betrachtungen hier als unzulässig erscheinen, versteht sich wohl von selbst; jedoch lassen sich einige allgemeine Anhaltspunkte hiefür feststellen, solche nämlich, die aus den Grundlehren des 1. und 2. Kapitels unmittelbar hervorgehen.

Soll ein Bauwerk oder irgend ein Object mit einem Blitzableiter versehen werden, das viele metallische Constructionstheile, wie z. B. eiserne Dachgebinde, metallene Bedachungen, eiserne Träger und Säulen u. s. w. enthält, so ist ein Isoliren der Leitung von dem Gebäude u. s. w. selbst gar nicht einmal möglich, und noch viel weniger würde es als rathsam erscheinen, die Hauptleitung in solchen Fällen zu isoliren, indem sie dann nach den im §. 24 angegebenen Lehren sogar als fehlerhaft bezeichnet werden müsste, da man ja alle metallischen Theile des Bauwerkes selbst zu Theilen des Blitzableiters machen, und in seine Leitung einschalten muss. Bei den meisten Wohngebäuden kann man annehmen, dass derlei Umstände gewöhnlich vorkommen, ebenso auch bei Kirchen, und in neuerer Zeit bei fast allen weniger oder mehr ausgedehnten Bauwerken: das Isoliren der Leitung kann also im Allgemeinen als unnöthig angesehen werden.

Dasselbe und zwar in noch höherem Grade gilt von solchen Objecten, die selbst nicht isolirt sind. Es ist diess bei allen eisernen Bauwerken, noch mehr bei Schiffen der Fall, und selbst noch bei Gebäuden, die auf kleinen Inseltheilen sich befinden, da ja Schiffe ohnehin mit der Bodenleitung des Blitzableiters beständig in leitender Verbindung stehen, bei Inselgebäuden aber eine solche zwar unmittelbar nicht, jedoch auf gewöhnlichem und nicht felsigen Boden in geringerem Grade immer vorhanden ist. Man kann also behaupten, dass in den meisten Fällen, wo Blitzableiter nöthig sind, dieselben unisolirt angelegt werden müssen. — Dass man aber schlechtleitende Substanzen, oder sogenannte Nichtleiter als Träger für die Führungen benützen sollte, wenn man geeignetes Material hiefür findet, unterliegt wohl keinem Zweifel.

In einzelnen Fällen aber, wo Gebäude zum grössten Theile aus Stein u. s. w. aufgeführt werden, und an ihrer äusseren Seite gar keine metallischen Bestandtheile enthalten, ist es zulässig, die Leitung des Blitzableiters zu isoliren; insbesondere ist dieses bei fortificatorischen Werken der Fall, aber selbst hier ist es nöthig, alle Umstände dabei zu erwägen, die ein Isoliren der Leitung als rathsam erscheinen lassen sollen.

Die Führungen bei nicht isolirten Leitungen, also fast bei allen Blitzableitern, sollen die ihrem oben angegebenen Zwecke entsprechende Einrichtung haben, und können im Uebrigen in ganz beliebiger Weise angeordnet sein: jedoch müssen dieselben, im Falle sie, wie gewöhnlich, aus Metall gefertigt werden, mit der Leitung so gut metallisch verbunden werden, als die Umstände es gestatten.

Für seil- und drahtförmige Leitungen bedient man sich schon seit langer Zeit der im Nachstehenden abgebildeten Führungen.

In *Fig. 45* (Seite 105) ist ein Stift (Steften) dargestellt, wie solche in die Mauern des Gebäudes an den Stellen, wo die Leitung geführt werden soll, von 5 zu 5 Fuss so weit eingeschlagen werden, dass sie etwa noch $^1/_2$ Fuss von

der Mauer entfernt zu stehen kommen, und die die Bestimmung haben, der Leitung eine unveränderliche Lage zu geben.

Solche Stifte werden auch als Führung für die Leitung über die Dachfirste und Grade u. s. w. angewendet, und werden zu dem Ende von Sparren zu Sparren eingeschlagen. Die Firststifte sind jedoch etwa um 4 bis 5 Zoll länger, wie die Mauerstifte. Das Drahtseil wird um die Biegung *A B* gewunden, welche sich federnd angeordnet ist, und an den Stift angedrückt werden kann, damit das Seil von derselben nicht abgleitet.

Für Platten- und Schieferdächer u. s. w. verwendet man als Führung die in *Fig. 46* (im Aufriss) und *Fig. 47* (im Grundriss) dargestellten Vorrichtungen, wobei wieder das Seil durch den federnden Ansatz in der oberen Oeffnung festgehalten wird.

½ der wirkl. Grösse

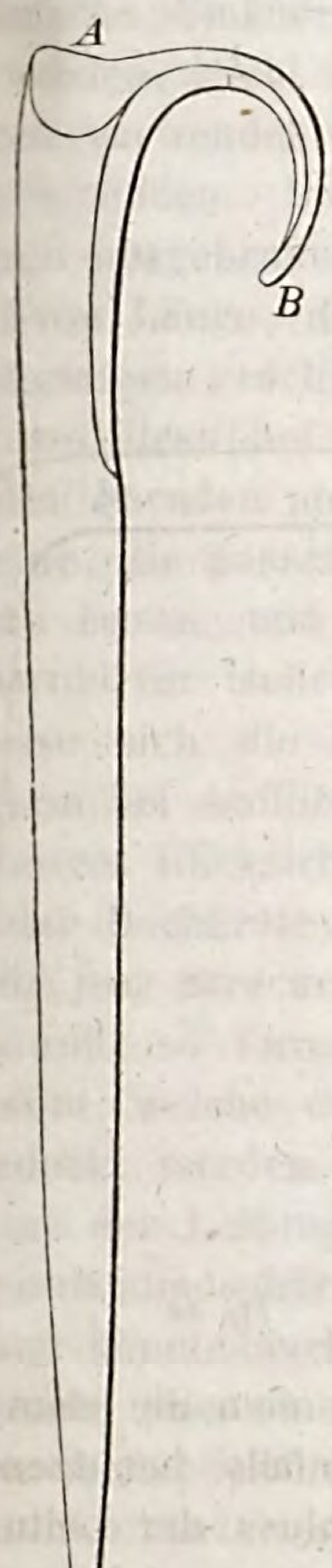


Fig. 45.

⅓ der wirkl. Grösse.

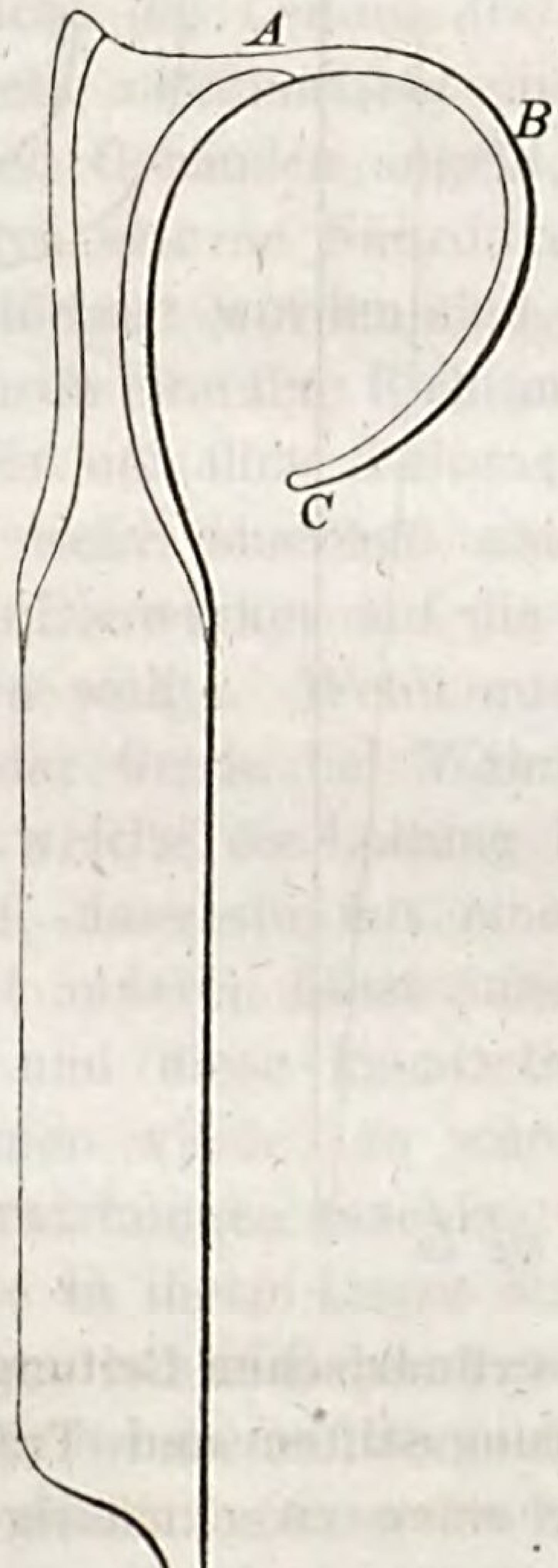


Fig. 46.

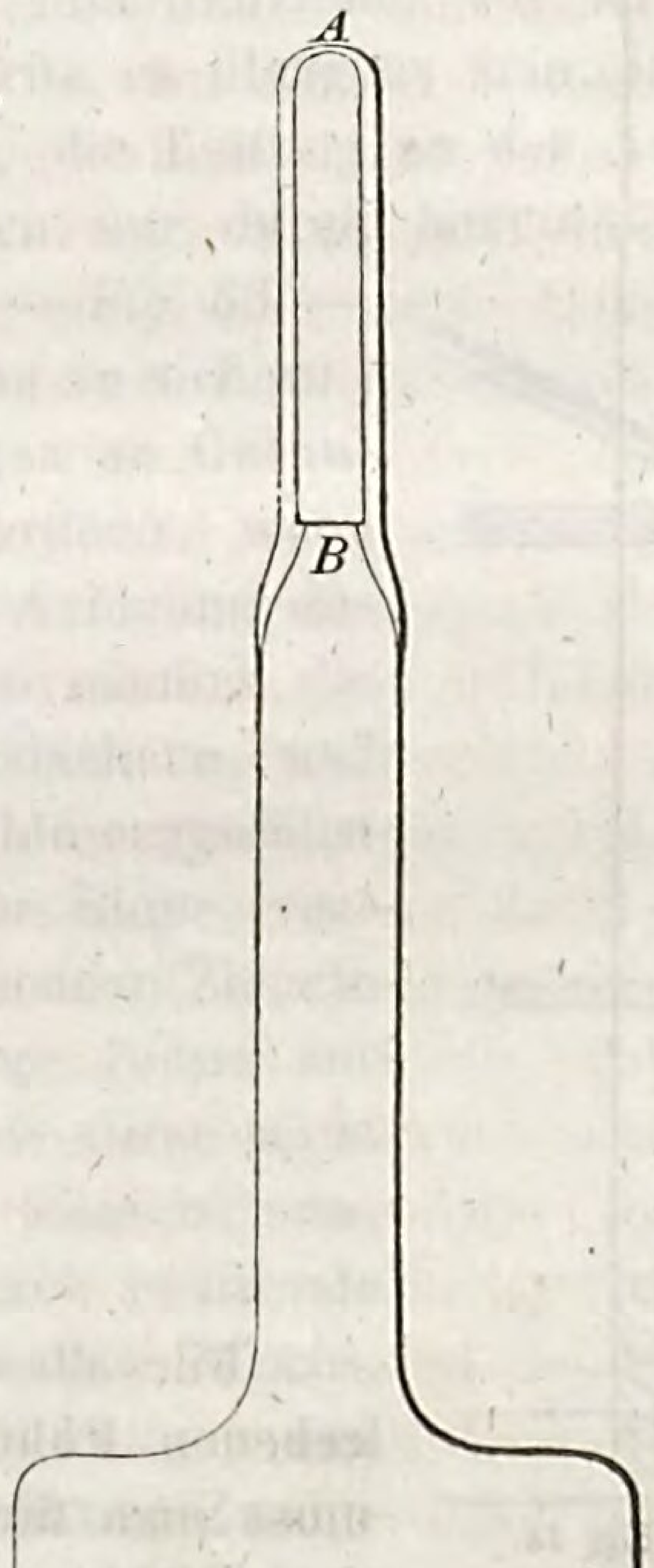


Fig. 47.

Bei Hohlziegeldächern hat man früher Stifte angewendet, wie sie in *Fig. 48* (Seite 106) dargestellt sich finden.

In neuerer Zeit verwendet man hiefür eine Führung, wie sie in *Fig. 49* und *Fig. 50* durch zwei ihrer Projectionen dargestellt ist.

½ der wirkl. Grösse.

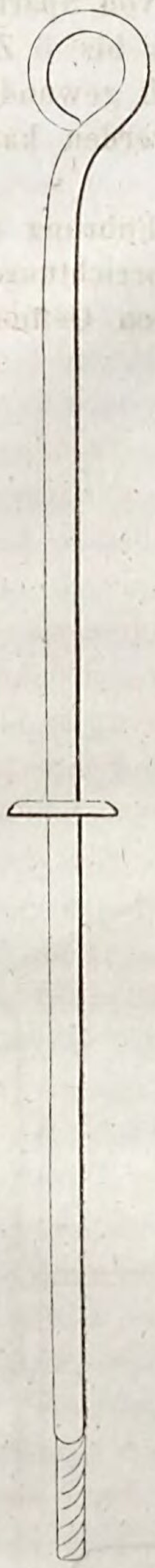


Fig. 48.

½ der wirkl. Grösse.

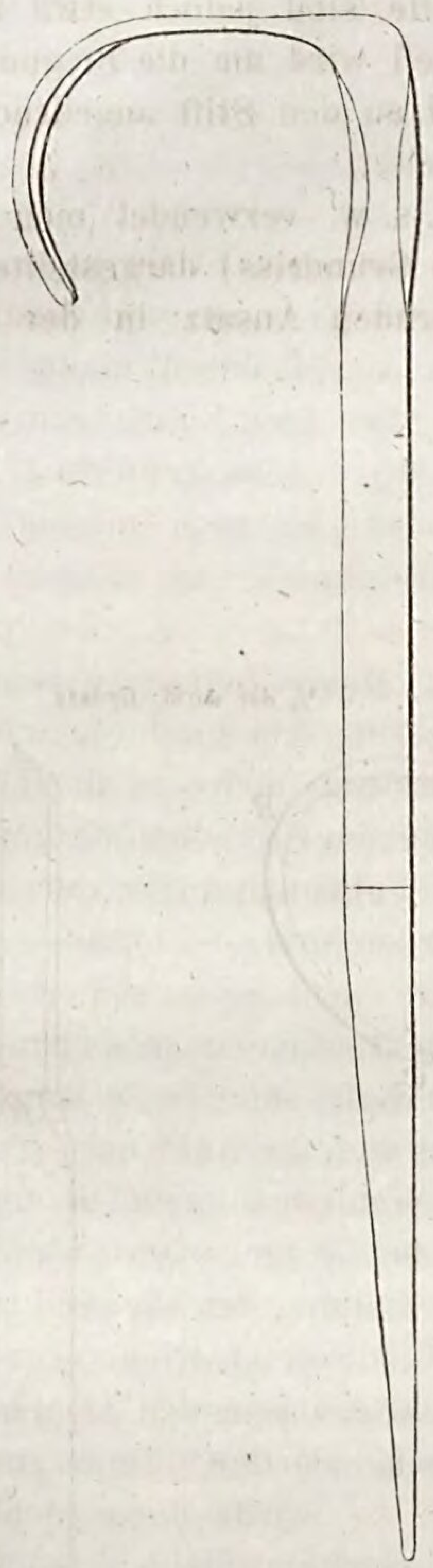


Fig. 49.

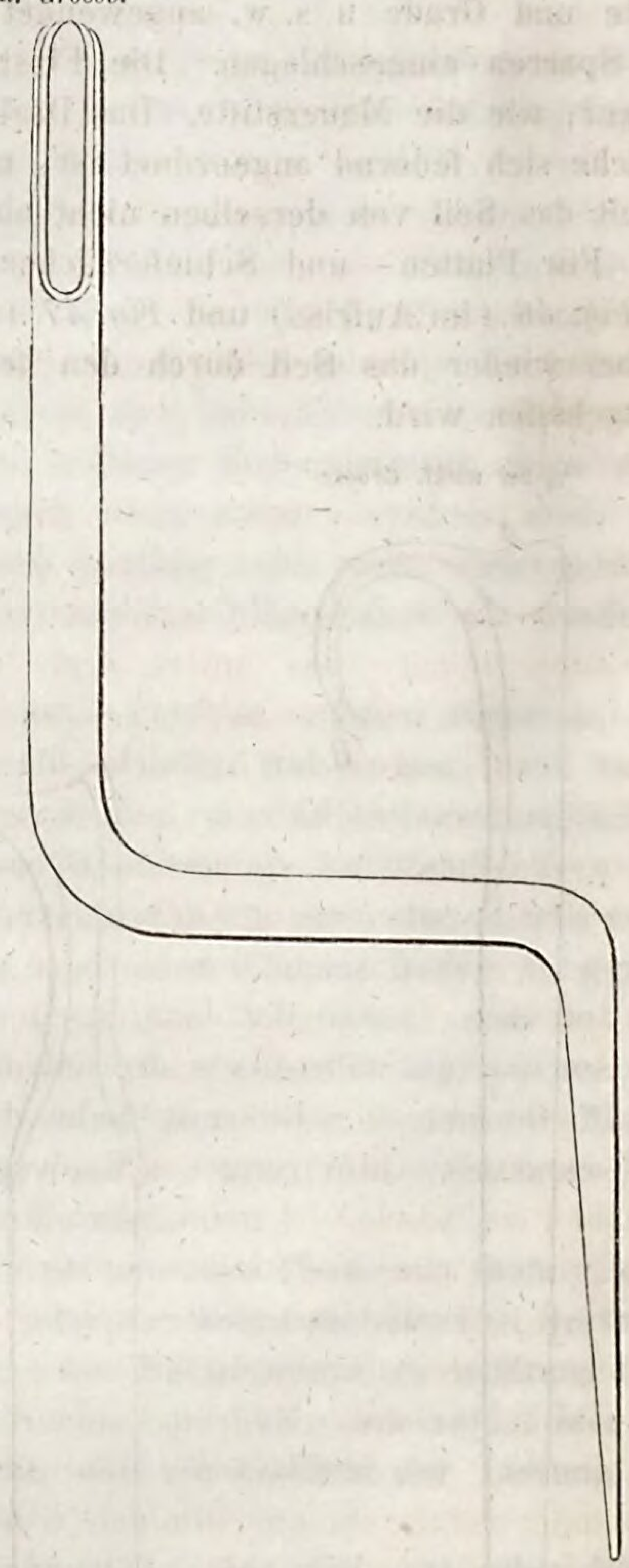


Fig. 50.

Für alle cylindrischen Leitungen kann man die eben angegebenen Führungsstiften und Träger ebenfalls benutzen, nur muss man für einen zweckmässigen Anschluss der Leitung an den Stiften sorgen, und diese sollen aus verzinktem Eisen (statt aus gewöhnlichem Eisen) bestehen, und möglichst abgerundet werden.

Für eiserne Schienenleitungen wendete man früher Träger (Krampen) als Führungen an, wie sie in *Fig. 51* und *Fig. 52* (Seite 107) dargestellt sind. Hiebei soll der Stiel der Krampe mit der Platte einen Winkel bilden, welcher dem gleich ist, den die Verticale mit der Dachfläche bildet. Die Fussplatte dieser

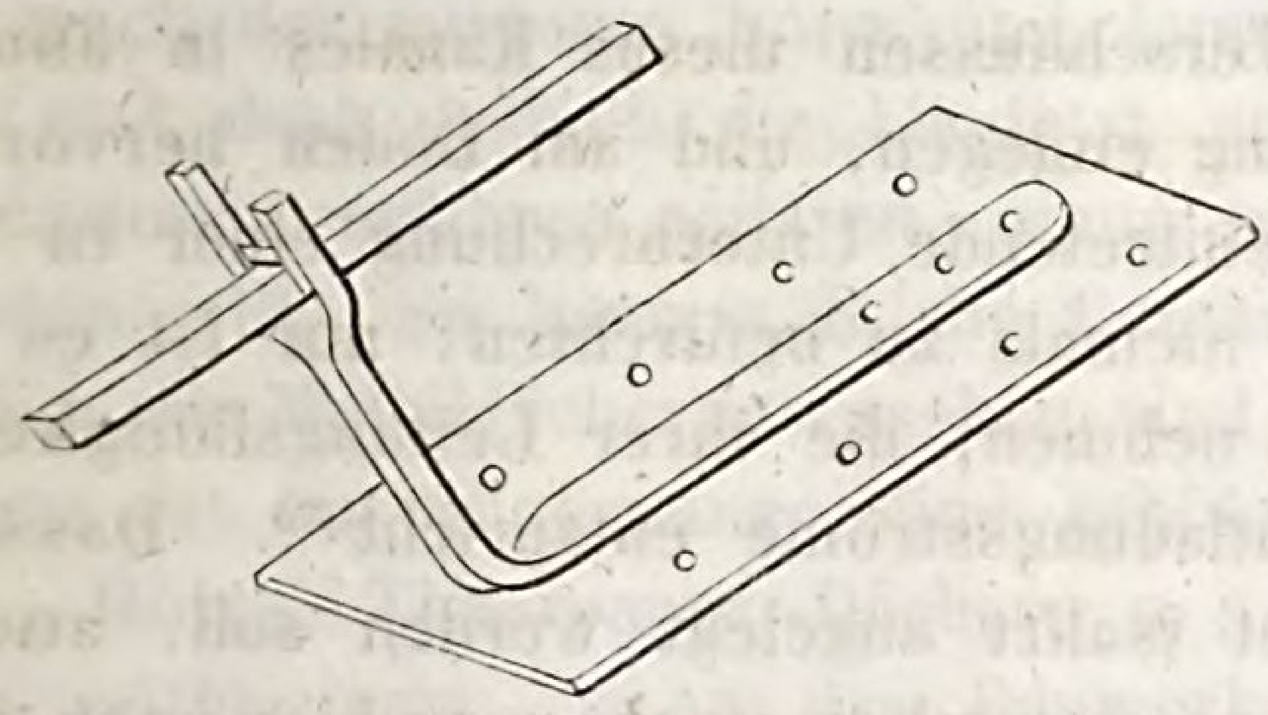


Fig. 51.

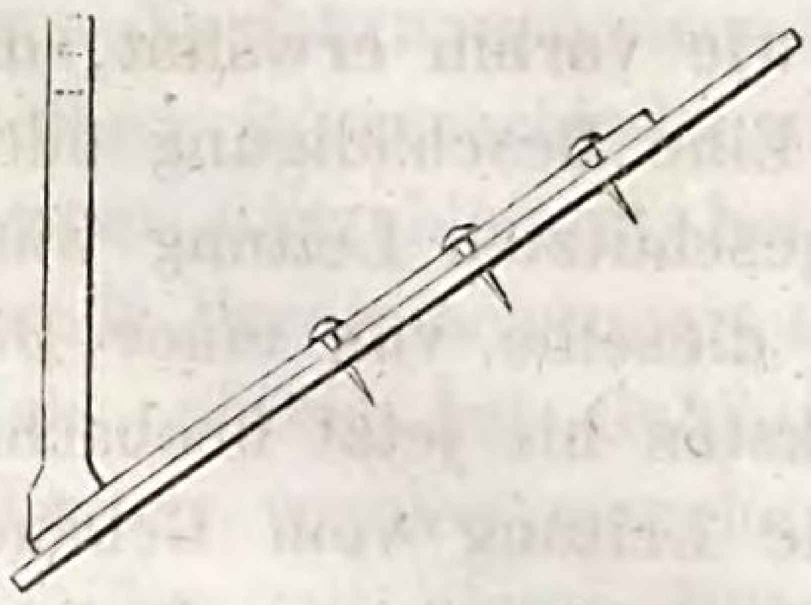


Fig. 52.

Krampen ist 9 bis 10 Zoll lang, 1,5 Zoll breit, die Stiele haben eine Länge von 5 bis 6 Zoll, und der Abstand der einzelnen Krampen von einander beträgt etwa 9 bis 10 Fuss. Der Leiter wird in jeder Gabel durch einen vernieteten (und verlötheten) Stift festgehalten. Diese gabelförmigen Führungen lassen sich durch eine einfache Umänderung, etwa wenn sie mit zangenförmigen Ansätzen versehen werden, leicht so gestalten, dass sie sehr zweckmässig für cylindrische Leitungen verwendet werden können, so dass sie mit diesen metallische Verbindungen bilden. Das untere Ende der Leitung wird gewöhnlich durch eine von Innen ausgebrannte hölzerne, an der Mauer befestigte Rinne von etwa 10 bis 12 Fuss Länge, durch welche die Leitung frei hindurchzieht, vor äusseren Beschädigungen geschützt. (Sehr zweckmässig dürfte es übrigens sein, in allen Fällen, wo diess bei steinernen Gebäuden angeht, die Leitung an der Aussenfläche der Façaden anstatt durch eiserne Führungen nur durch hervorstehende Backsteine, die passend durchlöchert worden sind — *Fig. 53* —, gehen zu lassen, und ihr dadurch eine fixe Richtung zu sichern.)

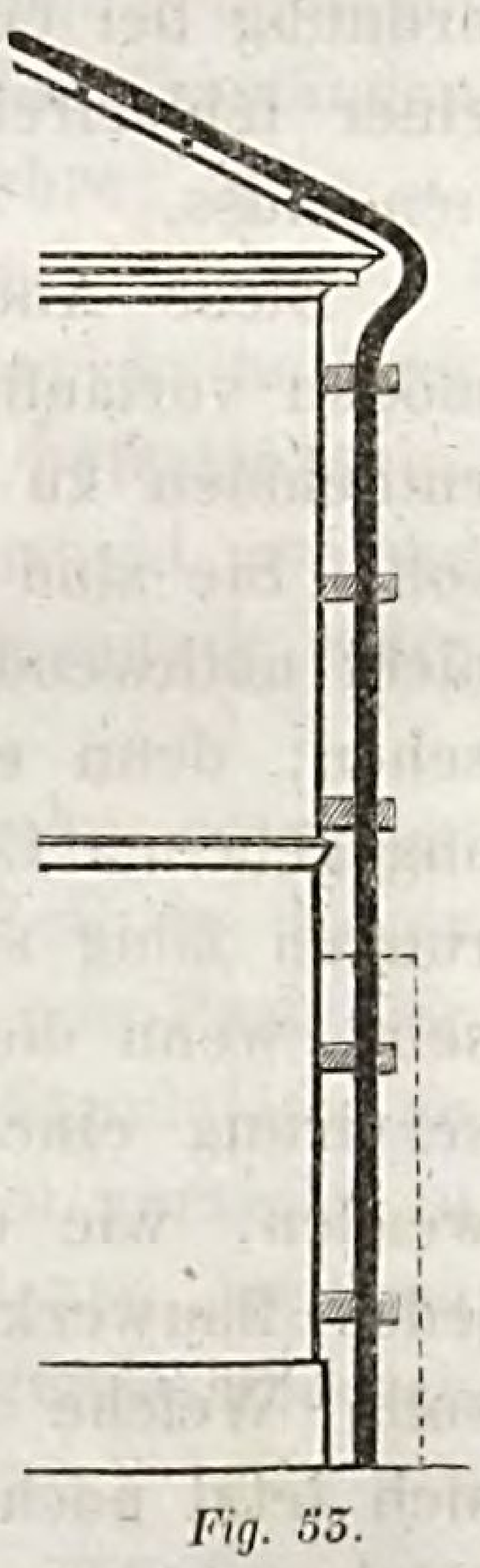


Fig. 53.

Sowohl für isolirte, als für unisolirte Leitungen an Gebäuden liesse sich die Führung sehr dauerhaft anordnen, wenn man schon bei Aufführung des Bauwerkes auf die Anlegung des Blitzableiters Rücksicht nehmen wollte. Wenn man nämlich die Ziegel der Dachfirste, sowie der Grade bei Walmdächern, und zwar für jene Strecken, über welche die Leitung hinweggeführt werden soll, so formen liesse, dass sie mit einer Rinne versehen sind, welche wieder mit anderen hiezu passenden Ziegeln fest gedeckt werden könnte, und diese kanalartige Rinne zur Aufnahme der Leitung bestimmen würde, so würde diese nicht bloss gegen atmosphärische Einwirkungen geschützt bleiben, sondern man könnte auch dieselbe in ihrem Lager durch isolirende Substanzen, wie eine Mischung aus Colophonium und Wachs, oder durch Asphalttheer u. s. w. in dieser Rinne befestigen und isoliren. An einzelnen Stellen müsste man an der Leitung Zweigdrähte anbringen, die aus der Rinne durch die Ziegeldecke hervortreten, und zur Herstellung von Zweigleitungen dienen können. Im Uebrigen müsste die Ziegeldecke gehörig durch Mörtel u. s. w. verkittet und vermauert werden, um der Eindeckung die gehörige Sicherheit zu verschaffen. Für jenen Theil der Leitung, der an der Façade des Gebäudes herabgeführt wird, könnte man einen ähnlichen Kanal zur Aufnahme desselben schon bei der Aufführung

des Mauerwerkes anlegen, vor dem Verschliessen dieses Kanales in ähnlicher Weise, wie vorhin erwähnt, die Leitung einlegen, und am Boden hervortreten lassen. Eine Beschädigung oder eine eintretende Unterbrechung einer in dieser Weise geschützten Leitung wäre wohl niemals zu befürchten: nur ist es nothwendig, dieselbe von einer Dicke zu nehmen, die ihrer Leitungsfähigkeit für die stärksten bis jetzt beobachteten Entladungsströme entspricht [32]. Dass man, wenn die Leitung vom Gebäude selbst isolirt angelegt werden soll, auch die Auffangstange mit einem isolirenden Fusse versehen muss, mag hier noch nebenbei bemerkt werden. Als isolirender Fuss wird gewöhnlich eine Holzstange gewählt, die man ähnlich anordnen kann, wie diess bei Helmstangen der Fall ist. Vor dem Einsetzen wird die Holzstange in heissem Leinölfirniss getränkt, und nach dem Aufsetzen der Auffangstange mit Asphalttheer sehr stark überzogen. — Eine vollständige Isolation kann übrigens auf diesem Wege niemals erreicht werden, und selbst dann nicht, wenn man einen gläsernen Fuss, der mit Guttapercha überzogen ist, wählen würde. — In derlei Fällen, wo es als rathsam erscheint, die Leitung vom Gebäude selbst zu isoliren, hat man in neuerer Zeit vorgeschlagen, die Führungen der Leitung, wie die Krampen und Steften isolirt auf das Dach oder in die Mauern einzusetzen, oder auch die Leitung von der Führung selbst isolirt zu halten. Indem wir das erstere dieser Verfahren als unnütz halten, wenn nicht die Führungen selbst gegen das Eindringen der atmosphärischen Niederschläge geschützt werden, so müssen wir das andere Verfahren sogar als unstatthaft betrachten, indem eine derartige Anordnung bei einem mangelhaften Blitzableiter gefahrbringend werden könnte, bei einer fehlerfreien und zureichenden Leitung aber als ganz unnöthig erscheinen muss.

Diese Andeutungen, welche sich auf die Führung der Leitung beziehen, mögen vorläufig hinreichen, um im Allgemeinen aus denselben die Anforderungen entnehmen zu können, denen man bei Anlegung eines Blitzableiters genügen soll. Sie sind durchaus nicht als erschöpfend zu betrachten, und es ist sogar nicht nothwendig, dieselben ganz und gar als maassgebende Vorschriften anzusehen; denn es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die sämmtlichen hier angegebenen Constructionen und Verfahrungsweisen noch bedeutender Verbesserungen fähig sind. — Solche Verbesserungen werden aber erst dann zu erwarten sein, wenn die Constructeure der Gebäude in Zukunft die Anlegung und Conservirung eines Blitzableiters als eine ebenso wichtige Angelegenheit ansehen werden, wie die Construction anderer wesentlicher Bestandtheile, mit denen jedes Bauwerk ausgestattet sein muss, wenn es seinem Zwecke entsprechen soll. Welche Erwartungen aber wir in dieser Beziehung hegen dürfen, lässt sich jetzt noch nicht mit Sicherheit angeben, da man immer noch dem alten Herkommen nach erst dann die Gebäude mit ihren Blitzableitern versieht, wenn sie ihrer Vollendung schon nahe sind, und dieses Geschäft sodann den hiefür aufgestellten Werkleuten fast ganz selbstständig zur Ausführung überlässt.

Es ist ausserdem die Bemerkung hier anzufügen nicht überflüssig, dass sich die ganze Construction des oberen und mittleren Theiles des Blitzableiters, in soweit dieselbe sich auf die Verbindungsweise mit dem Bauwerke selbst be-

zieht, nach der äusseren Form und Ausstattung u. s. w. des Bauwerkes richten muss, und dass deshalb die bis jetzt angegebenen Verfahrungsweisen manche Modificationen erfahren müssen, wenn man dieselben in verschiedenen Fällen anwenden will. So kann z. B. die Construction eines Blitzableiters bei Gebäuden, die mit Metalldächern versehen sind, bedeutende Vereinfachungen erleiden; hingegen ist im Allgemeinen eine erhöhte Vorsicht nöthig bei Gebäuden mit Stroh-, Holz-, Theerpappe-Dächern u. s. w. — Ferner werden manche Aenderungen nöthig sein, wenn das Bauwerk u. s. w., das mit einem Blitzableiter versehen werden soll, nicht an einen bestimmten Ort fixirt, sondern zum Transporte überhaupt bestimmt ist. — An einzelnen Beispielen, die später aufgeführt werden, soll daher gezeigt werden, in welcher Weise man die bisher angeführten Methoden in den gewöhnlich vorkommenden Fällen in Anwendung bringen kann.

Ist der Blitzableiter so weit angelegt, dass derselbe bis zur Bodenfläche geführt worden ist, so ist es nicht überflüssig, ja es ist sogar unumgänglich nothwendig, alle äusseren bloss gelegten Theile desselben — die Spitze der Auffangstange ausgenommen — mit einem schützenden Ueberzuge zu versehen.

An Blitzableitern, bei welchen die Auffangstange aus verzinktem Schmiedeeisen, die Leitung entweder aus verzinktem Rundeisen u. s. w., aus verzinktem Drahte oder Drahtseilgeflechten besteht, möchte ein besonderer Schutz gegen atmosphärische Einwirkungen unnöthig sein. Bei Anwendung irgend eines anderen Materiales ist es nothwendig, sowohl die Auffangstange, wie auch die sämmtlichen Theile der Leitungen, die bloss gelegt sind, mit einem geeigneten Oelfirniss zu überziehen, der dauerhaft genug ist, um unter allen Umständen wenigstens durch einen grösseren Zeitabschnitt, etwa 6 bis 8 Jahre, als passendes Schutzmittel gegen atmosphärische Einwirkungen zu dienen.

Von dem Ueberzuge mit einem geeigneten Oelfirniss darf aber keine Leitung, mag dieselbe aus irgend einem Metalle gewählt werden, zu befreien sein, die in der Nähe von Kaminen oder denjenigen Dachstellen vorüberzieht, welche dem Einflusse der Zersetzungsproducte der Heizung entweder temporär oder durch längere Dauer ausgesetzt sein könnten.

In früheren Zeiten wendete man schon für derartige Zwecke entweder Leinölfirniss u. s. w. oder Bernsteinlack an. Da man seit jener Zeit in dieser Beziehung bedeutende Fortschritte gemacht hat, und nach Aussage der Praktiker sehr dauerhafte Firnisse für verschiedene Zwecke zu bereiten im Stande ist, so mag es hinreichen, auf diesen wichtigen Umstand hier aufmerksam gemacht zu haben, und im Uebrigen theils auf die hierüber bekannt gewordenen Angaben hinzuweisen, theils aber diese Angelegenheit ganz und gar dem gewissenhaften Ermessen des sachkundigen Praktikers anzuvertrauen [33].

Wird der Blitzableiter, wie diess gewöhnlich auch geschieht, von dem Gebäude durch die als Führung dienenden Krampen und Steften getrennt über Dach und Mauerwände hinweggeleitet, so ist es nöthig, jede schroffe Biegung, durch welche an der Leitung hervorspringende oder einwärts gehende Ecken oder Kantenwinkel entstehen, streng zu vermeiden, wenngleich bei einem sonst fehlerfreien Blitzableiter eine oder die andere kantige Stelle von kleiner Aus-

dehnung nur dann schädlich einzuwirken vermöchte, wenn Metalle in ihrer Nähe am Gebäude sich befinden, die mit dem Blitzableiter nicht in leitender Verbindung stehen. Uebrigens haben wir oben (§. 5 und §. 6) gesehen, dass die elektrische Dichte eines influencirten Blitzableiters in der Nähe des Daches grösser, als in der Nähe des Bodens ist, und dass an hervorragenden Stellen, sowie an Querschnitten von eckiger Gestalt die Dichte an den Ecken und Kanten die grösste sein muss. Es geht also aus jenen theoretischen Betrachtungen hervor, dass jede an der Leitung stattfindende und vorkommende Biegung nach einer stetigen Curve oder Fläche gestaltet werden müsse, wenn der Blitzableiter auf seine Umgebung keine schädlichen Einwirkungen ausüben soll, und diese Anforderung wird auch durch die Erfahrung begründet [34]. Solche Biegungen kommen, wie in *Fig. 54* an-

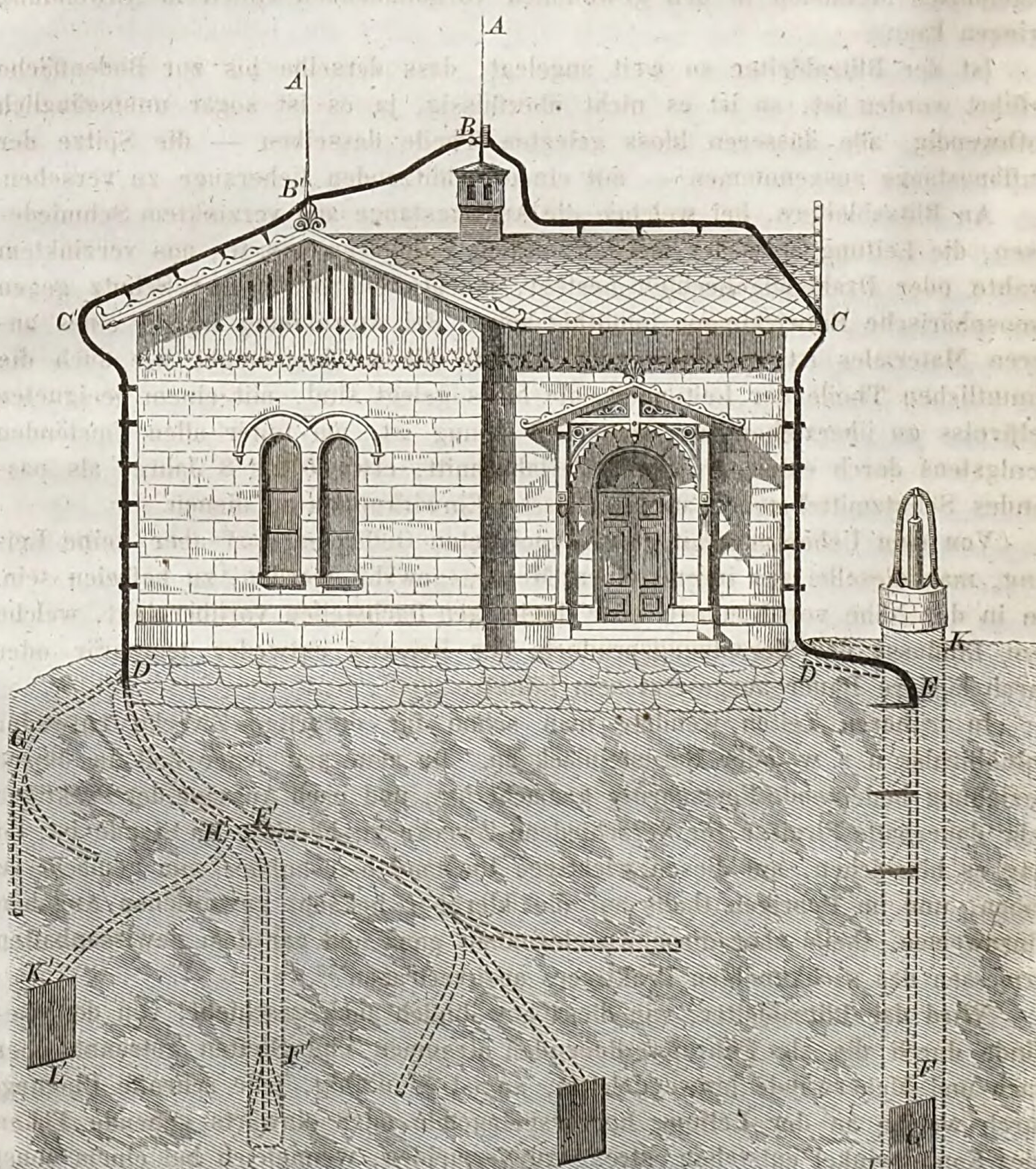


Fig. 54.

gedeutet ist, bei Gebäuden gewöhnlich beim Uebergange der Leitung vom Dache zur Mauerwand, an den Gesimsen u. s. w. vor, weshalb man auch, wenn die Biegungen zu stark ausfallen müssten, von dem Dache an bis zum Boden, im Falle es angeht, die Leitung vertical zu führen hat.

§. 34. Anordnung der Bodenleitung oder des unteren Theiles des Ableiters.

Für Blitzableiter an Gebäuden hat man nun dafür zu sorgen, dass die Leitung in den vollkommen unisolirten Zustand versetzt wird, da nur unter dieser Bedingung (§. 23) die Wirksamkeit des Blitzableiters eintreten kann, welche man bei sogenannten Blitzesentladungen erwartet. Als vollkommen unisolirt würden wir den Blitzableiter ansehen können, wenn die Leitung an ihrem unteren Ende in metallischer Verbindung mit einer im Erdboden befindlichen grossen, durch keine isolirenden Substanzen unterbrochene Metallmasse stehen würde, die auf eine sehr grosse Ausdehnung sich erstreckt, und die selbst nicht *isolirt*, sondern entweder mit feuchtem Erdreich oder mit weit verzweigten Erzgängen u. s. w. in Verbindung steht.

Dass in der hier geforderten Weise in den wenigsten Fällen ein Blitzableiter angeordnet werden kann, bedarf wohl keiner näheren Begründung. Es unterliegt aber keinem Zweifel, dass, wenn statt jener Metallmasse an der Stelle, wo die Leitung die Erde berührt, eine auf grosse Strecken sich ausdehnende ununterbrochene Wasserschichte sich befindet, der Blitzableiter selbst für die stärksten Blitzschläge als unisolirt betrachtet werden könnte, wenn nur die Wasserschichte auch die gehörige Tiefe hat.

Unter gewöhnlichen Umständen aber ist man genöthigt, mit weit geringeren Anforderungen sich zu begnügen, da unsere Wohngebäude schon aus sanitätischen Gründen so trocken als möglich erhalten, also auf möglichst trockenem Fundamente aufgeführt werden müssen, und metallene Unterlagen von solcher Mächtigkeit, wie wir sie hier voraussetzten, wohl nirgends anzutreffen sind. Mag übrigens die Beschaffenheit des Bodens, auf dem das Gebäude steht, irgend welche sein, so haben wir dennoch letzteres immer als isolirt zu betrachten, und müssen daher dafür sorgen, dass für die Leitung diese Isolation aufgehoben wird. Es wird daher selbst schon dann der beabsichtigte Zweck zum grössten Theile erfüllt sein, wenn der Blitzableiter auch im Uebrigen fehlerfrei angeordnet ist, und die Leitung wenigstens in einem besseren unisolirten Zustande sich befindet, wie das Gebäude selbst, dem der Ableiter angehört.

Da aus allen Erfahrungen hervorgehen dürfte, dass wohl die meisten Beschädigungen durch den Blitz an Gebäuden, die mit Ableitern versehen waren, nur der mangelhaften Verbindung der Leitung mit den in der Erde befindlichen Leitern zuzuschreiben sind, so ist die sorgfältige Anordnung der Bodenleitung als die wichtigste Bedingung für einen wirksamen Blitzableiter zu betrachten.

Vor allem will ich nun die mir bekannt gewordenen Verfahrungsweisen aus älterer und neuerer Zeit hier kurz vorführen, und sodann kann untersucht werden, welche derselben am sichersten erscheint, oder welche Abänderungen dabei in Anwendung kommen sollten. — Franklin wollte, dass das untere Ende

der Stange mit Wasser oder feuchtem Boden in Verbindung gesetzt werde; hingegen werden von ihm ganz sichere Anhaltspunkte für Blitzableiter, die an Pulvermagazinen angebracht sind, gegeben. Das Comité, welches nämlich am 21. August 1772 sein Gutachten über die Einrichtung von Blitzableitern auf den Pulvermagazinen zu Purfleet abzugeben hatte, und dessen Mitglieder Cavendish, Watson, Franklin, Robertson (und Wilson) bekanntlich waren, hielt es für rathsam, „am Ende eines jeden Magazins einen ziemlich tiefen Brunnen in oder durch den Kreidefelsen graben zu lassen, um daselbst beständig wenigstens 4 Fuss Wassertiefe zu haben, in den Brunnen eine Bleiröhre zu versenken und ihr oberes Ende mit dem $1\frac{1}{2}$ (engl.) Zoll dicken Ableiter zu verbinden“. Der für die Anlegung von Blitzableitern ebenso verdienstlich, wie in der Meteorologie unermüdet thätig gewesene geistliche Rath Hemmer geht bei dieser vorliegenden Angelegenheit von dem Principe aus: „Es ist (daher) nothwendig, dass man den metallenen Ableiter auch mit leitenden Theilen der Erde in Gemeinschaft bringe, damit dadurch ein ununterbrochener Leiter bis in ihr Ingeweid entstehe. Solche leitende Theile der Erde sind das Wasser. In dieses muss also der Ableiter versenkt werden“ u. s. w.

Dieser Grundlage seiner Anordnungen, die noch heut' zu Tage, obgleich sie den Ansichten aus der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts angehört, als maassgebend betrachtet werden muss, fügt Hemmer bei, dass der Leiter entweder mit Wasser, worunter er eine zusammenhängende grosse Wassermasse verstehen wolle, oder mit feuchter Erde, nämlich mit einem „Gemisch, worin Wasser mit der Erde in Menge verbunden ist“, in bester Berührung stehen müsse.

Die Versenkung führte Hemmer in der Weise aus, dass das Ende des Leiters doppelt gelocht und auf 5 bis 6 Zoll Länge mit einer Bleiröhre von 1 Zoll Durchmesser aus „gesundem Tafelblei“ durch starkes Vernieten verbunden wurde. In feuchte Erde, nämlich an Stellen, wo kein „Wasser“ sich vorfand, geschah die Versenkung dadurch, dass in einer Entfernung einiger Fusse von dem Gebäude ein Loch von mindestens 11 oder 12 Fuss Tiefe gegraben, und in dieses die Bleiröhre von gleicher Länge, nachdem man ihr vorragendes, mit dem Leiter verbundenes Ende in eine in der Erde gemachte Rinne vom Gebäude weg bis zur Versenkung eingelegt hatte, gesteckt wurde. Ein Ausfüllen des Loches sowohl, wie jener kleinen Rinne mit Schlacke zum Schutze gegen Rosten hielt er dabei für unnöthig, indem das Blei vollständig ausreichen solle; hingegen wollte Hemmer seine Maassregeln mit Gewissenhaftigkeit ausgeführt wissen, und hielt es, da ihn Beispiele „solchen Diebstahls“ dazu veranlassten, für nothwendig, die ganze Versenkung, damit keine Materialentwendung vorkommen könne, durch Steinplatten zu vermauern.

Bei der Versenkung in „Wasser“ war die Anordnung des unteren Theiles des Leiters im Allgemeinen dieselbe, die Länge desselben richtete sich aber nach dem niedrigsten Wasserstande, und hier wurde zur Vorsicht die Bleiröhre durch einen unten zugespitzten Kupferstab metallisch verlängert, und dieser Kupferstab in den Boden des Brunnens oder Wasserbettes u. s. w. einige Fuss tief eingeschlagen. Solche Anordnungen wurden von Hemmer an Pulver-

thürmen zu Heidelberg, Mannheim, Gülich (Jülich) ebenso, wie bei Gebäuden vorgenommen; jedoch hielt er das Einsenken des Ableiters in Gruben, wo das Regenwasser sich ansammelt, und anderen ähnlichen Rinnen und Kanälen für untauglich; das Einsenken des Leiters in trockene Erde auf einige Fuss Tiefe und gleichzeitiges Verzweigen der Leitung an ihrem unteren Ende, eine Methode, die man damals für ausreichend hielt (und in unserer Zeit noch häufig anwendet), hielt er für höchst gefährlich, und begründet diese Ansicht durch vielfache Erfahrungen, auf die wir später wieder zurückkommen werden.

Auch Landriani hält eine sichere Bodenleitung für den wesentlichsten Punkt. Er will, dass das untere Ende des Ableiters in das Wasser eines Brunnen, einer Quelle, oder eines Flusses u. s. w. in einer Entfernung auf 20 bis 30 Klafter von der Grundfeste des Hauses, dem er angehört, sich vertiefe.

Etwas abweichend von diesen Anordnungen sind die von Reimarus hierüber aufgestellten Ansichten und Maassregeln. Nach seiner Meinung können Versenkungen gefährlich werden, der Blitz könne ein Aufsprengen verursachen; man solle wo möglich ein offenes Wasser wählen, und wenn es auch nur eine Gassenrinne wäre. Würde man aber kein Wasser antreffen, so lasse man den Ableiter an der Oberfläche, so dass er die Erde berührt, liegen und mit einem etwa 1 Fuss lang abstehenden Winkel aufhören. „Der Blitz wird sich daselbst (sagt Reimarus), wie ja gewöhnlich an allerlei, auch unvollkommenen Leitern, Pfosten, Mauern u. dergl. geschieht, ohne weiterhin einzudringen, endigen und vertheilen.“ Bloss, wenn der Boden Wasseradern enthalten sollte, solle man neben dem Gebäude einen Graben ziehen, oder eine Grube aufwerfen lassen, worin das Wasser sich zu jeder Zeit ansammelt, das Ende des Leiters dahinein führen, so werde sich der Strahl darauf frei ausbreiten können. Dazu sei aber unter allen Umständen ein Bleistreifen (wie auch solche von Reimarus für die Leitung verwendet wurden) nöthig, in welchen das untere Ende der Leitung ausgehen müsse.

Dass diese Anordnungen, wie sie Reimarus vorgeschrieben hatte, und zum Theile auch wirklich selbst in der Ausführung beobachten liess, den Blitzableiter in einen ganz gefährlichen Bestandtheil eines Gebäudes verwandeln mussten, geht aus den angeführten Anforderungen klar hervor; es können aber jene Ansichten nicht ohne ein gewisses Befremden aufgenommen werden, wenn man dieselben mit den vielen Thatsachen und Erfahrungen über Blitzschläge an Gebäuden, die mit Blitzableitern versehen waren, die von Reimarus in seinen Werken so sorgfältig gesammelt wurden, und worin gegen zweihundert derlei Erfahrungen ausführlich nach den Originalquellen beschrieben worden sind, in Zusammenhang bringen will und zusammenhält.

Der Blitzschlag, welcher den Blitzableiter eines Herrn Maine zu Indianland in Südcarolina im Jahre 1760 zerstörte und die ganze Umgebung des Gebäudes in Erschütterung versetzte, ging nur 3 Fuss in den (trockenen) Boden. Das Arbeitshaus zu Hekingham hatte acht unter sich verbundene Ableiter mit ebenso vielen Stangen und allen dazu gehörigen Nebenleitungen; die Ableiter endigten aber alle in der nach Reimarus vorgeschriebenen Weise, nur ein einziger ausgenommen, hatte seine Versenkung in einer Abtrittsgrube: der Blitz schlug

dennoch ein, und fand erst, nachdem er mehrfache Zerstörungen am Dache und in den Ableitern angerichtet hatte, seine Bodenleitung in einem Stalle, von wo aus kein Schaden mehr angerichtet wurde. An dem Hause eines gewissen Herrn RAVEN zu Charlestown in Südcarolina zerschmelzte der Blitz den in trockenem Boden steckenden Ableiter, suchte aber sodann seine Bodenleitung an einer Flinte, die in der Nähe eines Heerdes in der Küche sich befand, nachdem er zu diesem Zwecke zuerst eine Mauer durchbrochen hatte. Noch auffallender ist das Beispiel, welches die Mariähilfkirche in der Nähe von Genua im Jahre 1779 darbot. Diese Kirche wurde fast in jedem Jahre vom Blitze getroffen, und deshalb im November 1778 mit einem Blitzableiter versehen, der allen damals gestellten Anforderungen entsprochen haben soll. Im Juli des folgenden Jahres fiel ein Blitzstrahl auf die Spitze, welche dabei abgeschmolzen wurde, folgte sodann theilweise dem Ableiter, theilweise ging er seitwärts durch einige bis zum Schiffe der Kirche laufende Stangen, von hier zur Mauer und in die Erde. Auf seinem Wege beschädigte er die Mauer an verschiedenen Stellen, und bei seinem Eintritte in den Boden wurden einige Pflastersteine der Kirche abgesprengt. Der merkwürdigste Umstand dabei bleibt aber der, dass die Blitzesentladung fast in allen Jahren, in welchen Blitzschläge an dieser Kirche statt hatten, demselben Weg folgte, wie diesesmal, wo ein Ableiter angebracht war: die nähere Untersuchung zeigte, dass die genannte Mauer an jener Stelle immer sehr feucht war. Dieser Blitzschlag wurde von SAUSSURE und dem P. AGENO genauer verfolgt; ein Fehler am Blitzableiter wurde nicht entdeckt, aber es stellte sich heraus, dass der Ableiter in Tropfsteinmassen versenkt war. Da aber der Berg selbst, auf dem die Kirche liegt, sehr stark geböscht ist, und so in der warmen Jahreszeit nur eine sehr trockene Bodenleitung darbietet, so war hiemit der ganze Vorgang erklärt.

Diese und noch viele andere Beispiele, die für die vorliegende Frage sich eignen würden, werden aber von REIMARUS selbst — allerdings bei anderen Gelegenheiten — erzählt, und dennoch führten ihn diese Thatsachen nicht zu der Ueberzeugung, dass seine Ansichten einer Modification bedürfen. REIMARUS ging nämlich im Ganzen bloss von den Ansichten aus, dass der Blitzstrahl zwar vorzüglich den Metallen und anderen leitenden Substanzen folge, dass aber dabei seine Ausgleichung sich nur nach der Oberfläche richte u. s. w. Von einer Ungleichheit des Leitungsvermögens verschiedener Metalle wollte REIMARUS ohnehin nichts wissen, und deshalb erkannte er auch Metallstreifen, und insbesondere Bleistreifen, und etwa noch Kupferstreifen, als die geeignetsten Leiter an. — Uebrigens erhielten sich diese Ansichten von REIMARUS noch sehr lange, und selbst in gegenwärtiger Zeit finden wir dieselben noch vielfach verbreitet. Dieses muss aber um so mehr auffallen, als ja die von REIMARUS aufgestellten Lehren zu Consequenzen führen könnten, vermöge welchen zuweilen die Blitzableiter sogar als ganz unnöthig erscheinen müssten. Wenn nämlich, wie nach den eigenen Worten von REIMARUS oben angeführt wurde, der Blitz sich „an allerlei auch unvollkommenen Leitern, Pfosten, Mauern u. dergl. geschieht, ohne weiter hineinzudringen, endiget und sich vertheilt“, so würde bei einem aus Steinen aufgeführten Hause mit Metalldach, das an seiner äusseren Bekleidung kein Metall

enthält, eine Auffangstange auf dem Dache errichtet, das Haus wohl gegen Blitzschläge genügend gesichert sein! — Ueberhaupt hat ja doch ein Haus eine viel grössere Oberfläche, als jeder noch so sorgfältig gefertigte Blitzableiter, warum sollte dasselbe nicht schon deshalb, wenn in der Nähe der Mauern im Innern des Gebäudes keine Metalle sich vorfinden, Schutz genug gegen Blitzschläge darbieten, da ja jedes Haus mit der Erde selbst in Berührung steht! —

Die von Imhof zur Anlegung zweckmässiger Blitzableiter aufgestellten Vorschriften, die in vielen Theilen von Deutschland noch als maassgebend betrachtet werden, sind ebenfalls von den hier angeregten Fehlern nicht ganz frei. Nach Imhof's Anordnung hat man an Stellen, wo Flüsse oder Bäche vorbeiströmen, die Leitungen doppelt zusammenzuwinden, an ihren Enden aufzuwickeln, diese Enden mit Oelfirniss, der mit Kohlenstaub vermengt ist, zu überstreichen, ins Wasser zu versenken, und an den Wänden des Flussbettes zu befestigen. — In Ermangelung solcher fliessenden Wässer werden von jeder Stelle, wo Haupt- und Nebenleitungen herabgeführt werden, unter gehörigen (?) Winkeln drei Gräben auswärts gegen Flussbette, kleine Ablauf-Bächlein, Gassenrinnen, Wiesen, Gärten, feuchten, nassen und fruchtbaren Feldboden zu aufgeworfen, welche gegen 2 Fuss Tiefe, 1 Fuss Breite und nach Umständen 10 bis 15 Fuss lang hingezogen, und innerlich 2 bis 3 Zoll hoch mit trockenen kleinen Kohlen oder trockenem Kohlenstaub bedeckt werden. Die untersten Krampen oder Stifte am Gebäude, durch welche die Leitung geführt ist, werden dann mit zwei anderen Drahtseilstücken (Nebenstricken) von gleicher Länge mit den Gräben versehen, die um die Hauptleitung gewickelt, an der Eintrittsstelle in den Boden mit Kohlenstaubölfirniss überzogen, in die Gräben eingelegt, mit Kohlenstaub überschüttet, und hierauf mit Dammerde oder Wasen bedeckt werden. Hiebei soll aber das im Boden liegende Ende, indem deshalb die Nebenstricke aus lauter kurzen Drahtstückchen verfertiget werden, an möglichst vielen Spitzen, Zacken und Ecken den Boden berühren. — Metallene Regenröhren, die zur Leitung verwendet werden, solle man in ähnlicher Weise, wie hier beschrieben, mit dem Boden leitend verbinden u. s. w.

Die hier erwähnte Versenkungsart findet man, mit einigen Abänderungen angewendet, noch häufig verbreitet. Zum besseren Schutze der Leitung wendet man hiezu (nach Plieninger und Anderen) entweder hölzerne Versenkungslager an, die aus ausgehöhlten Balken bestehen können, und die man von Innen sowohl wie von Aussen mit Kohlenpulver umgibt, oder man baut aus Backsteinen einen eigenen Kanal (*Fig. 55*, Seite 116), der mit Kohlenpulver überall angefüllt, und in welchen die Fortsetzung der Leitung, die an ihrem Ende mit mehreren angeschweissten Zinken versehen sein soll, eingelegt, und ebenfalls mit Kohlenklein überall umgeben wird. Das ganze Versenkungslager wird sodann mit feuchtem Boden überall umgeben und bedeckt. — Anstatt eines gemauerten Versenkungslagers hat man Thonröhren, die eigens hiefür geformt werden, in Anwendung gebracht.

Betrachten wir die hier erwähnten Einrichtungen der Bodenleitung näher, so müssen wir zugestehen, dass dieselben, so sorgfältig sie sonst auch angeordnet zu sein scheinen, dennoch an einigen nicht unerheblichen Gebrechen leiden. Die

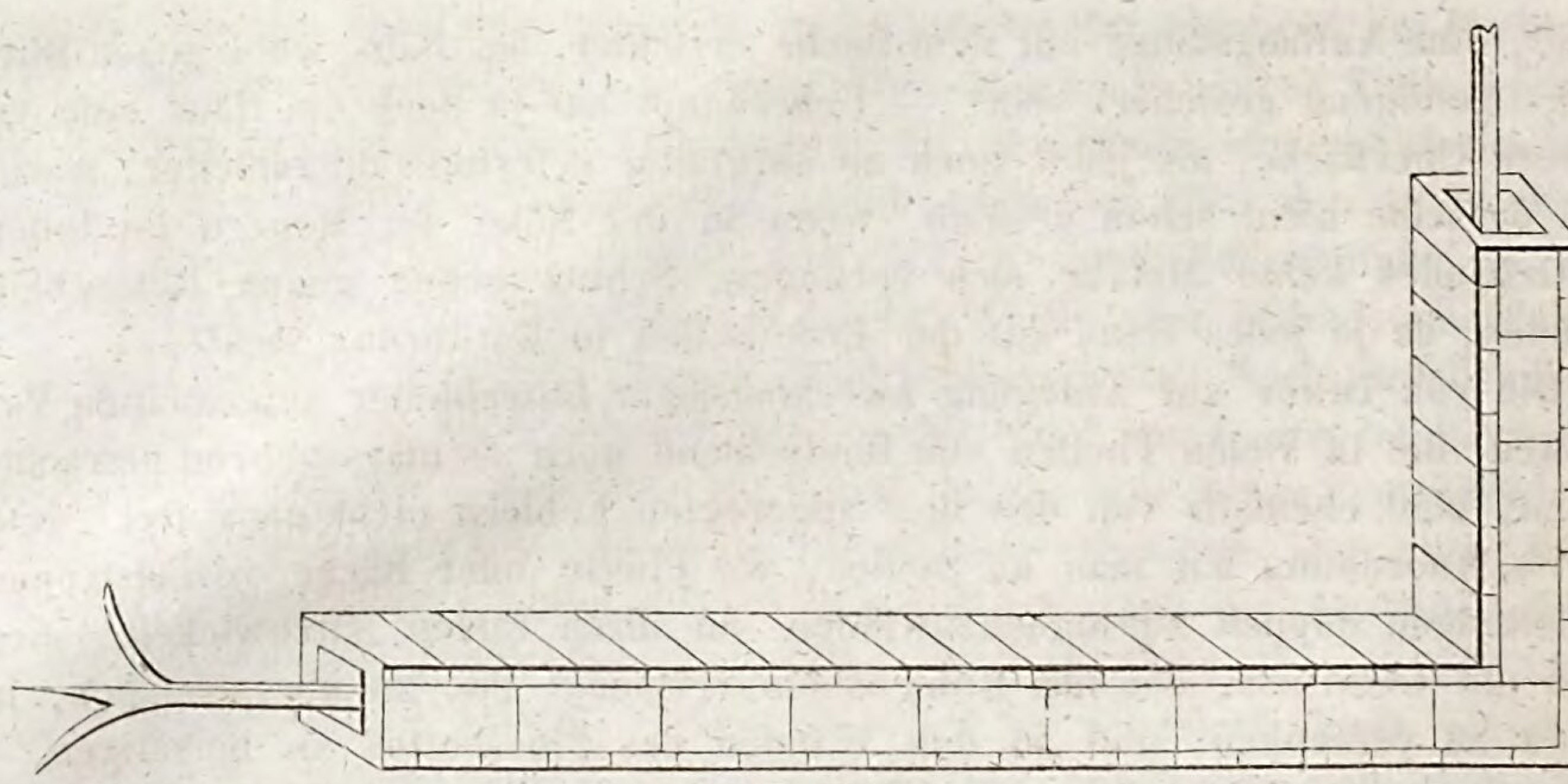


Fig. 55.

Hauptbedingung einer passenden Bodenleitung ist wohl die (fast in ängstlicher Weise) angeordnete leitende Verbindung des Blitzableiters mit den Bestandtheilen der Erde, die wegen ihrer grossen Ausdehnung, in welcher sie mit Wassermassen stets in Communication erhalten werden, als gute Leiter betrachtet werden dürfen. Eine solche leitende Verbindung kann aber in einer Tiefe von etwa 3—4 Fuss unter der Erdoberfläche nur äusserst selten, vielleicht nur in der Nähe von Flussufern u. dergl., mit Sicherheit angetroffen, und noch weniger kann dieselbe als bleibend angesehen werden. Man gräbt in dieser Tiefe — wie oben erwähnt ward — einen Kanal von dem Hause weg, und lässt den Leiter in Spitzen endigen. Hiedurch will man also den Blitzschlag im Boden nur in der Nähe des Gebäudes selbst vermeiden, indem man gleichsam dem Blitze anweist, sich in einer gewissen Entfernung vom Gebäude seine Bodenleitung nur selbst zu suchen, die er an einer oder der anderen Spitze sich dann ausmitteln soll. Was geschieht aber, wenn auf solche Wege der Blitz nicht trifft, wenn die Wasserader im Boden (die Reimarus als gefährlich hält) nicht an einem oder dem anderen Zacken, in welchen die Leitung ausgeht, angetroffen wird, und wenn selbst das sogenannte Grundwasser, auch in noch grösseren Tiefen, in welche dieser horizontale Kanal gelegt wurde, sich nicht vorfindet? — Dass unter solchen Umständen, und diess sind sogar die häufigsten, die Entladung nach Gegenden hin erfolgen muss, die man dem Blitze nicht anzuweisen beabsichtigte, zeigen die wenigen in dieser Schrift aufgeführten und selbst die oben in diesem Paragraphen erwähnten Thatsachen. Eine derartige Einrichtung kann sogar als sehr gefährlich für die Umgebung des durch den Blitzableiter geschützten Gebäudes zuweilen wirken. Denken wir uns ein freistehendes hohes und ausgedehntes Gebäude mit einem sonst gut eingerichteten Blitzableiter versehen, der eine in eben beschriebener Weise eingerichtete Bodenleitung hat, und in der Nähe des Gebäudes sollen kleinere, zu diesem gehörige Häuser oder andere Localitäten sich befinden. Wie ist es nun, wenn der Blitz auf dem ihm in solcher Weise angewiesenen Wege im Boden seine beste Ausgleichung in der Nähe eines solchen Nebengebäudes, oder gar unter, oder mit Benutzung metallischer und leitender Wege in demselben findet? Es wird also der Blitz-

ableiter in diesem Falle zwar das Gebäude schützen, aber für die Nebengebäude könnte er gefährlich werden. Es fehlt nicht an Thatsachen, die auf diese Weise vielleicht ihre beste Erklärung finden dürften. Mehrere solche Beispiele sind in früheren Jahren in München selbst, wie in nicht grosser Entfernung von dieser Stadt vorgekommen, und darunter möchten besonders zwei für die vorliegende Besprechung beachtenswerth sein. Der eine dieser Blitzschläge kam an einem kleinen hölzernen Gebäude — dem sogenannten Lipperl-Theater — vor. An der Stelle nämlich, wo seit dem Jahre 1832 die protestantische Kirche sich befindet, stand früher die eben genannte leicht gebaute einstöckige kleine Theaterhütte. In einer Entfernung von beiläufig 25 Fuss östlich von diesem Theater befindet sich an der Sonnenstrasse ein hohes ausgedehntes Wohnhaus, das jenes kleine Gebäude weit überragte. Ein Blitzschlag traf den Blitzableiter dieses Wohnhauses, an dem man keinen Fehler entdecken konnte, das Wohnhaus blieb auch dabei ganz unbeschädiget, das kleine Theater aber wurde in Folge der Blitzesentladung entzündet und ging in Flammen auf. — Aehnliche Fälle kamen wiederholt auf dem Hohenpeissenberge vor, wo jedesmal der mit Blitzableitern bewaffnete Kirchthurm getroffen, die Kirche aber beschädiget, und meines Wissens auch einmal in Folge eines Blitzschlages zerstört wurde. Diese Fälle dürften durch die in horizontaler Richtung unter der Erde sich ausdehnende und unzureichende Bodenleitung ihre Erklärung finden, und es möchten hieher noch andere ähnliche Beispiele gehören, in welchen man in dem ungenügenden Schutze der Auffangstangen (der übrigens, wie wir unten sehen werden, zuweilen auch zugegeben werden muss) allein die Ursache finden wollte [35]. — Wir haben durch diese Erläuterungen gesehen, wie gefährlich zuweilen die genannte Anordnung für die Umgebung werden kann. Es ist daher auch begreiflich, dass man sie aus ähnlichem Grunde in Strassen, wo Häuserreihen einander gegenüberstehen und neben einander sind, als eine unheimliche Einrichtung ansehen muss.

Ein anderes Gebrechen jener Bodenleitung besteht in der nicht ausreichenden leitenden Berührung des untersten Theiles der Leitung mit dem Boden selbst. Die Kohlenfütterung, welche hier angewendet wird, soll für zweierlei Zwecke gleichzeitig dienen: man beabsichtiget nämlich durch dieselbe vor allem die im Boden befindliche Leitung zu conserviren, gegen Rosten u. s. w. zu schützen; ausserdem aber soll das Kohlenlager auch dazu dienen, um eine innige Berührung der Leitung mit dem Boden herzustellen. Es kann nicht unbezweifelt gelassen werden, dass für den ersten dieser Zwecke recht starke Schichten aus Kohlenpulver nützlich sind; was aber die grössere Leitungsfähigkeit der gewöhnlichen Kohlen betrifft, dem Erdreich, insbesondere der feuchten Erde gegenüber, so hat man sich hievon bis jetzt durch keine Thatsache zu überzeugen vermocht. Es ist wohl bekannt, dass frisch ausgeglühte Holzkohle als elektrischer Leiter nach dem auf Seite 3—4 angegebenen Sinne betrachtet werden darf, und andere Erfahrungen zeigen, dass diese Kohle selbst zu den guten Leitern für Entladungs- und Volta'sche Ströme gezählt werden darf. In dieser Beziehung mag sie vielleicht den wasserförmigen Flüssigkeiten nahe kommen, aber gegen die Metalle bleibt sie weit zurück. Ist ja selbst das

Leitungsvermögen der Gaskohle nur beiläufig $\frac{1}{2006}$, das der sogenannten BUNSEN'schen Kohle nur $\frac{1}{27138}$, wenn das des reinen Kupfers gleich *1* gesetzt wird, während das der vegetabilischen Kohlen zwar noch als unbekannt angesehen werden muss, aber jedenfalls weit kleiner wie das der hier angeführten Kohlensorten sein dürfte. Eine auffallende Rolle als Leiter kann also im vorliegenden Falle der Kohle, selbst in dem Zustande, wo sie noch frei von den Gasen ist, die sie unter gewöhnlichen Umständen absorbirt, kaum zugeschrieben werden. Die unmittelbare Berührung der am Ende der Leitung angebrachten blanken Spitzengruppe mit dem (feuchten) Boden mag daher zur Vermittelung der leitenden Verbindung bessere Dienste leisten, wie der mit Kohlenfirniss und Kohlenstaub bedeckte Leiter. — Was hingegen die Versenkungskästen selbst betrifft, so möchten diese der Ausgleichung der Blitzesentladung keine unwesentlichen Hindernisse darbieten, weshalb man dieselben bis auf denjenigen Theil, der zum unmittelbaren Schutze der Leitung selbst dienlich sein soll, als überflüssig betrachten muss.

Ebenso kann es nicht ausreichen, die Leitung bloss in fliessendes Wasser zu versetzen, und noch dazu das Ende derselben vorerst zu überfirnissen. Soll die Leitung ausreichend sein, so muss dieselbe beständig einige Fuss tief in metallischem Zustande unter dem Wasser sich befinden. Es muss also bei ihrer Anlegung der niederste Wasserstand des Flusses u. s. w. in Rücksicht kommen, in welchen man die Leitung bleibend versenken will.

In strengerer Weise sind die Anordnungen getroffen, welche die französische Commission vom Jahre 1823 in ihren Vorschriften bezüglich der Einrichtung der Bodenleitung für nöthig hielt. Ist nämlich der Leiter (siehe *Fig. 54*) bis zum Boden geführt, so wird derselbe noch etwa 1,5 bis 2 Fuss tief in die Erde hinein verlängert, und nun rechtwinkelig gegen die Mauer nach *DE* oder *D'E'* mit Vermeidung scharfer Biegungen im Boden selbst bis zu einer Entfernung von etwa 12 bis 16 Fuss fortgeführt, und sodann entweder in einen Brunnen *EF* oder in einen hiefür gegrabenen senkrechten Kanal *E'F'*, der je nach Umständen, wenn man kein Wasser antreffen sollte, eine Tiefe von 12 bis 16 Fuss haben kann, versenkt. Zur Conservirung des Leiters aber hält es die Commission für nöthig, dass ein horizontaler Versenkungskanal *DE* oder *D'E'* zu diesem Zwecke ausgemauert, der etwa wie in *Fig. 56* angedeutet ist, angeordnet werden soll. Die Anfertigung dieser gemauerten Rinne soll nämlich in folgender Weise geschehen. Man grabe (wie schon vorhin erwähnt) einen senkrechten Kanal von etwa 2 Fuss Tiefe und der genannten Länge, belege den Boden sowohl, wie den Rand mit einer Reihe von Ziegeln (Backsteinen), bringe sodann auf den Grund eine Schichte (aus dem Backofen unmittelbar genommener) Bäckerkohlen von 3 bis 4 Centimeter (13 bis 18 Par. Linien) Dicke, lege darauf den Leiter, und verschliesse, nachdem man nun den

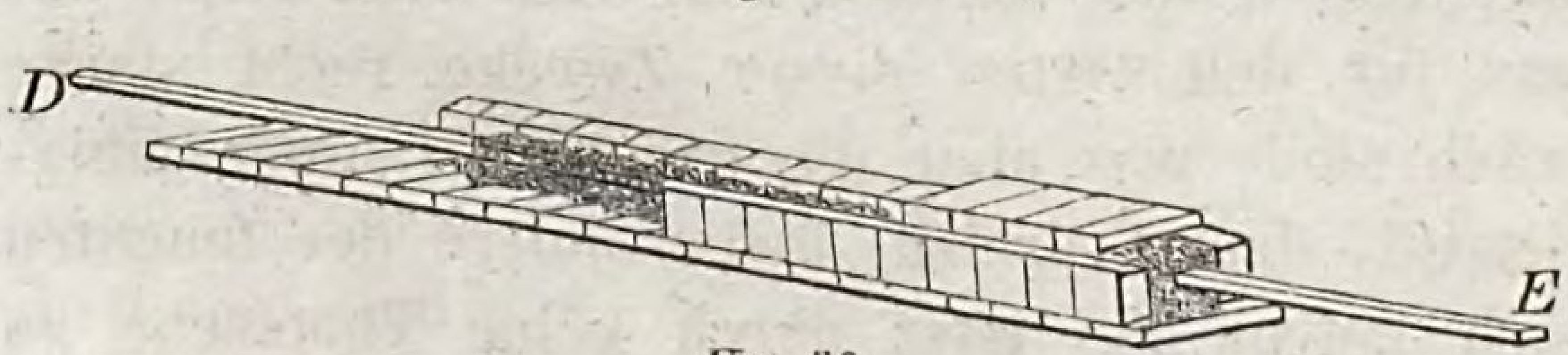


Fig. 56.

ganzen Kanal mit Bäckerkohlen angefüllt hat, denselben wieder mit einer Reihe von Ziegeln. Zu dieser Versenkung könne man auch Dachziegel, Steine oder Holz verwenden. Eine solche Versenkung soll während 30 Jahren das in Kohle eingehüllte Eisen unverändert erhalten haben. Uebrigens solle auf diese Weise nicht bloss das Rosten des Eisens vermindert, sondern bei Anwendung frisch ausgeglühter Kohlen auch die leitende Berührung mit dem Boden besser vermittelt, und der Abfluss des Blitzes in den Boden begünstigt werden.

Der aus dem Lager heraustretende Leiter wird in einen Brunnen (*Fig. 54*) *KL* so tief versenkt, dass er „bei niedrigem Wasserstande" noch mindestens 2 Fuss tief unter Wasser sich befindet, und zur weiteren Begünstigung „des Abflusses der elektrischen Materie in den Boden" soll der Leiter an seinem unteren Ende in zwei oder drei Spitzen ausgehen. „Wenn der Brunnen im Innern des Gebäudes befindlich ist, so durchbohrt man die Mauer des letzteren unterhalb des Bodens, und führt durch diese Oeffnung den Leiter in den Brunnen" (!). — In Ermangelung eines Brunnens wird in den Boden mittelst eines Hohlbohrers von 13 bis 16 Centimeter (etwa 5 bis 6 Zoll) Durchmesser ein Loch von 9 bis 16 Fuss Tiefe gemacht, der Leiter so hineingesenkt, dass er überall gleichen Abstand von den Wänden erhält, und die Zwischenräume werden wieder mit Bäckerkohlen, die man zu dem Ende einstampfen soll, angefüllt. Wenn der Kostenpunkt kein Hinderniss darbietet, so solle man das Loch viel breiter machen, und ihm, im Falle man auf kein Wasser kömmt, mindestens die Tiefe von 5 Meter geben, hierauf den Leiter in mehrere Arme an seinem Ende verzweigen, diese, wenn sie nicht in Wasser tauchen, mit Kohlen umschütten, und den oberen Theil des Leiters in der verticalen Rinne mit einem hölzernen Versenkungskasten umgeben, der wieder mit Kohlen auszufüllen ist. — Diese Maassregeln sollen für einen feuchten Boden in Anwendung kommen. Für einen trockenen Boden, z. B. in einem Felsen, soll der Kanal mindestens die doppelte Länge, wie vorher und noch mehr haben, wenn man in grösserer Entfernung auf Wasser gelangt, oder man soll den Kanal mehrmals verzweigen, und durch eiserne Stangen, die hier eingelegt und mit dem Hauptleiter verbunden werden, sind dann diese Verzweigungen zu bewerkstelligen. Jedenfalls müsse aber das Ende des Hauptleiters in ein grösseres Loch versenkt werden u. s. w. Ausserdem habe man die Kanäle stets in der feuchtesten Umgebung des Gebäudes zu wählen, also nach den Niederungen hin, wo das Regenwasser darüber geleitet werden kann, den Blitzableiter endigen zu lassen.

Arago stellt im Allgemeinen die Bedingungen für eine brauchbare Ausleitung der Blitzableiter in den Boden auf, und überlässt die Art und Weise ihrer Ausführung den betreffenden Technikern. Der Leiter soll bei mässig feuchtem Boden auf einer grossen Strecke mit letzterem in Berührung sein, wogegen diese Strecke kürzer sein dürfe, wenn der Boden im Laufe des ganzen Jahres hindurch mit Feuchtigkeit getränkt ist, und noch kürzer, wenn der Leiter bis zu einer natürlichen Wasserfläche geführt werden kann. Diese unerlässliche Vermehrung der Berührungsstellen würde man auch erhalten, wenn das Metall, aus dem das untere Ende des Blitzableiters besteht, gewissermassen sich entfalten und in die Blechform übergehen würde. Diese leitende Berührung werde aber

auch ausserdem durch dasselbe Mittel begünstiget, das die Verfertiger der Blitzableiter anwenden, um den eisernen, im Boden befindlichen Theil der Leitung gegen das Rosten zu schützen, und das nach PATTERSON's Angabe darin bestehe, die leitende Stange durch eine Art Brunnen hindurchgehen zu lassen, und diesen mit frisch ausgeglühten Holzkohlen (Bäckerkohlen) auszufüllen[36], wobei von ARAGO noch besonderes Gewicht darauf gelegt wird, dass diese Kohlen keine gewöhnlichen, sondern nur frisch ausgeglühte Holzkohlen sein dürfen, in deren Ermangelung man auch der Kohlen aus pulverisirten Coaks sich bedienen dürfe. Hingegen soll der Leiter auf seinem Wege im Boden überall durch die Kohlen allein geführt werden, und ohne weitere Unterlagen mit demselben in Berührung stehen.

Ausserdem bemerkt ARAGO noch insbesondere, dass bei Versenkung der Ausleitung in Wasser nur eine natürliche Wassermasse, nicht aber ein künstlicher Behälter oder Cisternen, die zur Aufnahme des Regenwassers bestimmt sind, gewählt werden dürfen. Ein Blitzschlag, der am 19. Juni 1819 den Hauptthurm des Domes zu Mailand, und ein anderer, der am 4. Januar 1827 die Auffangstange des Blitzableiters auf dem Leuchtthurme zu Genua traf, können als Beweis dienen, dass derlei mit Steinplatten ausgelegte Cisternen oder in Felsen ausgegrabene Behälter für die Bodenleitung unzureichend sind, und selbst die Veranlassung zu Zerstörungen an den betreffenden Bauwerken, auf welchen der Blitzableiter errichtet ist, sein können.

Die neuere französische Commission hat zwar im Allgemeinen die bezüglich der Bodenleitungen früher angeordneten Regeln nicht modificirt; sie hielt es jedoch für nothwendig in besonderen Referaten, die über die Blitzableiter des Industrie-Ausstellungspallastes, sowie der neuen Louvregebäude bearbeitet wurden, dieser Angelegenheit noch weiter zu gedenken, weil von den älteren Vorschriften nicht immer die richtige Anwendung gemacht worden sei.

Vor allem müsse die Ableitung mit dem gemeinschaftlichen Reservoir in Verbindung stehen, „d. h. mit grossen Wassermengen, welche eine Ausdehnung haben, die viel grösser sein müsse, wie die der Gewitterwolken", denn bei nicht hinreichender Ausdehnung wirke das Wasser selbst vernichtend. Die Ableitungen in eine wohl verschlossene Cisterne zu versetzen, sei als ganz unzulässig zu betrachten. Man müsse in Ermangelung von Flüssen oder Teichen die Ableitungen immer durch grosse Flächen (sei es, dass man sie auf verschiedene Art auszweigt, oder dass man breite und starke Platten von verzinntem Zink oder Kupferblech damit verlöthet) mit unterirdischen unversiegbaren Wassermassen in Verbindung setzen, was auch heutigen Tages nicht mit Schwierigkeiten verbunden, da die Ausführung von Brunnenbohrungen leicht und nicht kostspielig sei.

Ferner hielt es die Commission aus theoretischen Gründen für nothwendig, jedesmal, wenn die Wasserflächen, in welche die Ausleitung versetzt ist, in bedeutender Tiefe sich befinden, eine Ableitung mit zwei Abzweigungen anzuordnen, von welchen der Hauptzweig sich bis zur unterirdischen Wassermasse erstreckt, der Nebenzweig aber, der von dem Hauptzweige am Boden ausgeht, mit der Oberfläche der Erde in Verbindung gesetzt werden soll. — So lange

nämlich der Boden trocken ist, nimmt derselbe an den Influenzwirkungen, welche der Blitzableiter etc. durch den Einfluss der Gewitterwolken erfährt, wenig Antheil, und hier ist sodann die unterirdische Ausleitung in ausgedehnten Wassermassen als wirksam zu betrachten. Bei eintretendem starken Regen aber wird der Boden an seiner Oberfläche stark leitend, die Influenzerscheinungen erstrecken sich daher auch auf denselben, und in einem solchen Falle ist es daher nothwendig, dass der Boden selbst in hinreichender leitender Berührung mit dem Blitzableiter steht, um die Ausgleichung der Blitzesentladung, oder vielmehr die Vernichtung der durch Vertheilung nach dem unteren Theile des Blitzableiters zurückgedrängten Elektricität zu vermitteln.

Für die in Rede stehenden Gebäude hielt es die Commission für nöthig anzuordnen, dass für die Ausleitung Brunnen gegraben werden, deren Tiefe so gross ist, dass das Wasser in denselben selbst in der trockensten Jahreszeit eine Tiefe von 1 Meter behalte. Ein gusseisernes Rohr von 12 bis 15 Centimeter (53,2 bis 66,5 Par. Linien) Durchmesser, welches Wasser durch Seitenöffnungen aufnimmt, ist in den Brunnen zu versenken, und soll bis zur Oberfläche reichen, und in diesem geht die Ableitung, nachdem sie durch eine eiserne Querstange in elektrische (metallische) Verbindung mit den Rohrwänden versetzt worden ist, bis zum Grunde des Wassers. Jedoch müsse die Einrichtung von der Art sein, dass man sie von Zeit zu Zeit herausnehmen und untersuchen kann. Eine mit dem Boden in gleichem Niveau stehende Platte dient zum Verschliessen des Brunnens.

Nachdem nun die bekannten Verfahrungsweisen, durch welche eine zweckmässige Ausleitung in den Boden erzielt werden soll, hier vorgeführt worden sind, so können wir, da alle anderen Vorschläge mehr oder weniger dieselben Anordnungen anempfehlen, zum grössten Theile aber solche Vorsicht, wie bei den hier erwähnten, nicht beobachten, alle übrigen bis jetzt über diese wichtige Angelegenheit aufgestellten Meinungen umgehen, und nunmehr mit Berücksichtigung der im 1. und 2. Kapitel aufgestellten Grundlehren, unter Benutzung der hier vorgeführten sorgfältigen Maassregeln, diejenigen Anordnungen feststellen, welche für eine ausreichende und zweckmässige Bodenleitung nöthig sind.

Die bis jetzt betrachteten Versenkungsweisen des unteren Theiles des Blitzableiters lassen uns erkennen, dass die von Hemmer vorgeschlagenen Maassregeln eigentlich die einzig richtigen und brauchbaren Ansichten enthalten. Hemmer will, dass der Blitzableiter mit dem „Ingeweide“ der Erde in leitender Verbindung gesetzt werde, und nimmt dabei an, dass das Innere der Erde, welches er hiebei ins Auge fasste, stets mit ausgedehnten Wassermassen in Communication stehe. Die Ausführung seiner Absichten war aber zu mangelhaft, da das Blei wohl am wenigsten für diese Zwecke sich eignet. Hingegen finden wir alle Vorsichtsmaassregeln bei den von den französischen Commissionen getroffenen Anordnungen in gehöriger Weise beobachtet. Was aber diesen Anordnungen noch hinzuzufügen wäre, möchte darin bestehen, dass die für die Ausleitung bestimmten Brunnenleitungen weder innerhalb der Gebäude, noch in zu grosser Nähe der letzteren angenommen werden sollen. In keinem Falle aber darf es

als rathsam erscheinen, einen innerhalb des Gebäudes befindlichen Brunnen für diesen Zweck zu benutzen.

Um die Bodenleitung so anzuordnen, dass sie allen Anforderungen und insbesondere den in §. 23 und §. 24, sowie den am Anfange dieses Paragraphes erwähnten Bedingungen, denen ein wirksamer Blitzableiter entsprechen soll, genügt, hat man auf eine Menge von Umständen Rücksicht zu nehmen, denen man durch Aufstellung allgemeiner Regeln allein nicht Genüge zu leisten im Stande ist. Vor allem sind es die Terrainverhältnisse des Bodens, auf dem das Bauwerk sich befindet, die wohl in Erwägung gezogen werden müssen. Ist der Boden ein trockener, nicht wasserhaltiger, und zugleich ein solcher, der entweder wenig Wasser absorbirt, oder von der Art, dass er das Regenwasser leicht durchsickern lässt, so kann man denselben als fast isolirend betrachten In diesem Falle reicht es nicht aus, in horizontaler Richtung die Ableitung so weit als möglich fortzusetzen, und in einer gewissen Entfernung vom Gebäude das Ende derselben zu verzweigen.

Ein warnendes Beispiel hiefür bieten die zu Seefeld in früheren Jahren vorgekommenen Blitzschläge dar. Von zwei Blitzesentladungen wurde nämlich das Schloss des Grafen von Seefeld, zwar in weit von einander entfernten Zeitabschnitten, getroffen, aber es hat den Anschein, dass in beiden Fällen die mangelhaften Bodenleitungen zum Theile daran Ursache waren, wenigstens war diess entschieden bei dem ersten Ereignisse der Fall. Dieses Gebäude liegt nämlich auf einem trockenen Sandberge, aber in nicht grosser Entfernung von demselben befinden sich mehrere sumpfige ausgedehnte Stellen, die sogar einen kleinen See — den Pilsensee — bilden, und in etwas grösserer Entfernung ist der Ammersee. Am 26. Juli 1781 wurde dieses Schloss mit einem Blitzableiter versehen; der Blitzableiter wurde 12 bis 14 Fuss tief in den Boden, jedoch in trockenen Sand, versenkt, und von dem Gebäude hinweg in dieser Tiefe etwa noch 80 Fuss weit ausgeleitet. Am 2. August desselben Jahres traf der Blitz die Spitze des Blitzableiters, verfolgte den letzteren, ohne dabei das Gebäude zu beschädigen, zerschmetterte und zerstreute aber die Erde auf seinem ganzen Wege, und in der Nähe der Ausleitung war der Ableiter ganz bloss gelegt. In der Meinung, dass bei künftigen Blitzschlägen der Vorgang ein ähnlicher werde, hielt man es nicht für nothwendig, die Versenkung zu verändern; man liess bloss die durch den Blitzschlag geöffnete Grube wieder verschütten, und sonst keine Aenderung vornehmen. Auch hielt man es später, als die aus eisernen Schienen bestandene Leitung durch die Imhof'schen Messingdrahtseile ersetzt wurde, nicht für nothwendig, auf die von Hemmer schon im Jahre 1786 angeregten Fehler jener unzureichenden Bodenleitung ein besonderes Gewicht zu legen, sondern machte bei dieser Neuerung den Blitzableiter noch mangelhafter, als er vorher war. In der letzten Hälfte des Monates Mai 1809 wurde nun dieses Schloss während eines sehr heftigen, vom Hohenpeissenberg aus gegen Nordost hinziehenden Gewitters, „das auf einer Strecke Weges von 18 Stunden acht mal einschlug und zündete", mehrmals unmittelbar nach einander getroffen. Diese Blitzschläge brachten nun, wie früher (Seite 21) schon erwähnt, bedeutende Beschädigungen zu Stande; aber nicht bloss die Mangelhaftigkeit der

Leitung allein war hieran Ursache, sondern es waren auch die Bodenleitungen selbst eine Hauptquelle der Zerstörung. Es geht dieses zwar schon aus dem (a. a. O.) erwähnten Sachbestande hervor, aber noch schlagender wird diess durch die von YELIN am Schlusse seines Berichtes über dieses Ereigniss noch gemachten Angaben bestätiget. YELIN sagt nämlich an dieser Stelle [37]: „Wie heftig übrigens der Blitzschlag in Seefeld gewesen sei, lässt sich weiter aus dem Umstande beurtheilen, dass der Strahl, die Bodenleitung verlassend, durch oder über den Boden hinweg, eine Strecke von etwa 250 Fuss weit auf eine bleierne, zum Brauhause gehörige Wasserleitung überlief, und dieselbe, wo sie beim Wasserauslaufe, unter rechtem Winkel gebogen aus der Erde hervor, zu Tage ausging, in diesem Buge der Länge nach aufschlitzte.“ — Es muss zwar das Hinwegführen des Ableiters vom Gebäude vorgenommen werden, aber in welcher Weise dieses stattfinden soll, und wie tief man die Ausleitung legen müsse, damit der Blitzableiter als vollkommen unisolirt betrachtet werden kann, lässt sich durch eine willkührliche Annahme, wie aus diesen Thatsachen hervorgeht, durchaus nicht feststellen: es müssen vielmehr die hiefür zu treffenden Anordnungen durch sorgfältige Untersuchungen, die man an Ort und Stelle vorzunehmen hat, zuerst ermittelt werden.

Aehnliches kann auch behauptet werden für alle die Fälle, in welchen man in der Nähe des Gebäudes natürliche Wassermassen von ausreichender Ausdehnung und andauerndem Zustande antrifft; das blosse Einhängen der Leitung in einen Brunnen oder in fliessende Gewässer muss ebenfalls als eine mangelhafte Anordnung betrachtet werden, die man zu vermeiden genöthiget ist.

Ein weiterer Umstand, der zu berücksichtigen ist, ist die Umgebung des Gebäudes selbst, worüber schon oben (Seite 117) Erwähnung gemacht wurde; ferner hat man auf die Leitungsfähigkeit der am Gebäude selbst vermöge seiner Construction angebrachten Bestandtheile und auf die Ausdehnung dieser leitenden Körper Rücksicht zu nehmen, man hat selbst die im Boden in der Nähe des Gebäudes vergrabenen Leiter, wie z. B. die metallenen Wasserleitungen, die bei der Fundirung etwa zur Benutzung gekommenen metallischen Bestandtheile u. dergl. nicht ausser Acht zu lassen u. s. w. Ausserdem hat man, wie bei Anlegung des Blitzableiters überhaupt, insbesondere bei Ausführung der Bodenleitung noch alle Umstände ins Auge zu fassen, welche durch die Lage des Gebäudes selbst sich ergeben, und jene, welche seine Ausdehnung herbeiführen.

Es lassen sich daher keine allgemeinen Regeln aufstellen, die man für jeden besonderen, in der Praxis vorkommenden Fall nur etwa hernehmen dürfte, um dieselben unmittelbar und ohne weitere Modificationen in Anwendung bringen zu können, um darnach die betreffende Bodenleitung einzurichten.

Jedoch gibt es gewisse Anhaltspunkte, die man in allen vorkommenden Fällen in gehöriger Weise zu berücksichtigen hat, und diese sind es, welche hier vorgeführt werden sollen, und wobei vorläufig bloss die einfache Leitung, von der oben die Rede war, ins Auge gefasst werden soll. Ueber diese Anhaltspunkte soll nun Folgendes bemerkt werden:

1. Muss der Theil der Leitung, der in den Boden zu liegen kömmt, in möglichst gutem metallischen Zustande sich befinden, und aus einem Materiale

verfertiget sein, das diesen Zustand auch andauernd — wenigstens durch längere Zeit — beibehält. — Unter allen den Materialien für die Leitung an Blitzableitern, von welchen oben (§. 28 und §. 29) die Rede war, möchte keines geeigneter sein, als das verzinkte Eisen, oder auch das verzinkte Kupfer, welches letztere aber wohl aus naheliegenden Gründen jenem Materiale gewiss nicht vorgezogen werden dürfte. Jeder Ueberzug mit irgend einem Firnisse soll von der Stelle an, wo die Leitung in den Boden eintritt, ganz vermieden werden. Will man den unterirdischen Theil der Leitung mit frisch ausgeglühten Bäckerkohlen gegen den Einfluss der die Oberfläche ändernden Ursachen schützen, so wird eine solche Vorsicht keineswegs schaden, wenigstens auf der Strecke, in welcher die Leitung in trockenem Boden liegt. Jedoch soll man überall, wo die Umstände es zulassen, statt der Bäckerkohlen der Gaskohlen sich bedienen. Ist aber die Bodenstrecke, welche die Leitung aufnimmt, beständig, und während des grössten Theiles des Jahres wasserhaltig, so ist eine solche Vorsicht zwecklos.

2. Ist es nothwendig, dass der unterirdische Theil der Leitung nicht bloss den der ganzen Leitung des Blitzableiters entsprechenden Querschnitt habe, sondern es muss derselbe an möglichst vielen Stellen auf seinem ganzen unterirdischen Wege den Boden berühren, oder er soll sich (nach Arago) an diesen Stellen entfalten, und ausserdem noch mehrfach, aber zweckmässig, verzweigen, denn das Anbringen einiger Spitzen oder Zacken am Ende des Leiters ist eine ebenso unzureichende als überflüssige Maassregel, wenn diese Spitzen oder Zacken nicht als Zweigleiter der Bodenleitung auf eine grössere Länge sich erstrecken, als diess gewöhnlich der Fall ist.

Auf welche Weise man dieser Bedingung entsprechen will, ist gleichgültig, wenn nur dieselbe auch gewissenhaft erfüllt wird. So kann man z. B. hiefür ein verzinktes Eisendrahtseil von gewöhnlicher Anordnung benutzen, das man mit der an der Oberfläche der Erde endigenden Leitung in beste und dauerhafte metallische Verbindung setzt, und an welches man an passenden Stellen Zweige anlöthet aus demselben Material, die nach verschiedenen Seiten hin gerichtet sind, und welche entweder an ihren Enden in gerollten oder in flachen Zinkplatten ausgehen, oder die an ihren Enden selbst wieder mehrfache Verzweigungen u. dergl. haben können (siehe *Fig. 54*). Auch verzinkte Eisenstangen können hiezu verwendet werden, nur sollen auch dann jene Verzweigungen nicht fehlen; jedoch sind dieselben keinesfalls den Zinkdrahtseilen vorzuziehen.

Nach meinem Dafürhalten soll man in allen Fällen, wo die ökonomischen Verhältnisse keinen hindernden Grund darbieten, für die Bodenleitung nur eiserne, an verschiedenen Stellen ihrer Seitenfläche mit Oeffnungen versehene Röhren, die von Innen und von Aussen gut verzinkt worden sind, wählen, deren Wanddicke aber mindestens gleich der halben Dicke der entsprechenden oberirdischen Leitung aus demselben Materiale ist. Diese Röhren sollen dann ferner auf der ganzen Strecke, über welche sie geführt werden, an verschiedenen Stellen mit Zweigleitungen der vorerwähnten Art versehen werden. Bei Einlegung derselben sollen die Biegungen möglichst vermieden, und die metallische Verbindung

mit dem Ende der Leitung muss in gewissenhafter Weise ausgeführt werden. Wo die Verzweigungen anzubringen sind, darüber müssen, wie nachher erwähnt werden soll, die herrschenden Umstände Aufschluss geben. — Dass übrigens derlei zweckmässige Bodenleitungen im Allgemeinen nicht zu kostspielig ausfallen, davon werden uns die späteren Betrachtungen überzeugen.

3. Gestatten es die Terrainverhältnisse, für die Bodenleitung ein natürliches Wasserreservoir, vielmehr ein fliessendes Gewässer, oder eine wasserreiche Quellen-Ansammlung, über deren Unversiegbarkeit durch langjährige Erfahrungen schon entschieden ist, benutzen zu können, so kann man etwa in folgender Weise die Versenkungsgräben, sowie die Ausleitung ausführen:

Von der Stelle aus, wo die oberirdische Leitung am Boden endiget, wird mit einer Tiefe von etwa 2 bis zu 10 Fuss beginnend ein gegen den Horizont allmählig immer mehr geneigter Kanal gegen das natürliche Wasserreservoir hin ausgegraben. Die Verticalebene, durch welche die beiläufige Richtung dieses Grabens bestimmt ist, soll mit der Façade des Hauses keinen zu kleinen Winkel bilden; es kann dieser jede beliebige Grösse zwischen 90° und 180° haben, soll aber nicht viel kleiner als 90° oder grösser als 180° genommen werden. Ausserdem soll diese Richtung so gewählt werden, dass die genannte Verticalebene, dieselbe gehörig erweitert gedacht, kein anderes in der Nähe befindliches Gebäude schneidet, sondern in möglichst grosser Entfernung von demselben hinwegzieht. Der Kanal wird nun so weit verlängert, bis man in die Nähe des natürlichen Wasserbettes gekommen ist, und soll durch allmählige Zunahme seines Neigungswinkels gegen den Horizont an seinem untersten Ende eine Tiefe erlangen, die mindestens so gross ist, als der niederste Wasserstand jenes Gewässers, den man durch langjährige Ermittelungen gefunden hat. Von hier aus kann man nun in sanft geneigter Richtung den Kanal bis zum Flussbette hin, so weit als die Umstände es zulassen, verlängern. An der Stelle, wo der Graben bis auf eine kurze Strecke vom Ufer entfernt angelegt worden ist, wird nun eine verticale Rinne mittelst eines Erdbohrers ausgehöhlt, deren Tiefe so gross gemacht wird, als die Umstände es gestatten und für nöthig erachten lassen, um sicher auf einen wasserhaltigen Grund zu gelangen. Dieser Brunnenschacht bildet sodann das eigentliche Versenkungslager sowie das Ende des Kanales, und der Kanal ist bestimmt, die Hauptleitung des unterirdischen Theiles des Blitzableiters aufzunehmen.

Ich habe für die geringste Tiefe, die man dem Kanale geben soll, nämlich für die Wahl der Tiefe des Loches, das in der Nähe des Hauses gegraben werden soll, und wo der Kanal beginnt, den bedeutenden Spielraum zwischen 2 Fuss bis zu 10 Fuss angenommen. Diese Tiefe richtet sich nach den Terrainverhältnissen, und wird unter Anderem geringer sein, wenn die Ausleitung in grösserer Entfernung vom Gebäude sich befindet, als wenn sie in grösserer Nähe an letzterem angenommen werden muss.

Um keine Vorsicht ausser Acht zu lassen, kann man, wenn die Strecke, die der Kanal einnimmt, sehr lang ist, von 15 zu 15 Fuss Abzweigkanäle nach passenden Richtungen hin, die ebenfalls stark geböscht, hingegen von kurzer Länge sein sollen, von dem Hauptkanale ausgehen lassen. In die nun so vor-

bereiteten Rinnen wird der unterirdische Theil der Leitung (*Fig. 54* links) eingelegt, und dafür gesorgt, dass sein Anfang in metallischer Verbindung mit dem Ende der oberirdischen Leitung versetzt, und alle übrigen Theile derselben in festen metallischen Contact mit einander gebracht werden, im Falle dieser unterirdische Ausläufer des Blitzableiters aus mehreren Theilen zusammengesetzt werden müsste.

In der Nähe der Anfangsstelle dieser Versenkung wird zur weiteren Vorsicht nach dem Beispiele der von der neueren französischen Commission hierüber gegebenen Vorschriften in einer Tiefe von kaum 1 Fuss eine weitere Rinne, die ebenfalls gegen den Horizont etwas geneigt und vom Gebäude abgewendet ist, auf eine kurze Strecke von etwa 10 Fuss gegraben, und mit dem verticalen Theile des Hauptkanales in Verbindung gesetzt, sobald dieser wieder gedeckt worden ist. In diese oberflächliche Abzweigung des Hauptkanales wird ein Zweig des Ableiters eingelegt, den man an seinem Ende wieder verzweigen kann, wenn die Vorsicht dieses gebieten sollte.

Der Hauptkanal, sowie seine Verzweigungen sollen an keiner Stelle mit Steinen belegt werden. Die Leitung soll in ähnlicher Weise eingegraben werden, wie diess gewöhnlich bei den Brunnenröhren geschieht. Ein eigenes gemauertes oder mit Holz ausgelegtes Lager kann nicht als zulässig betrachtet werden; es soll im Gegentheile der Graben durch lockere Erde, durch Erdmassen, die das Wasser leicht durchsickern lassen, verschüttet werden. Jedoch erscheint es als unumgänglich nothwendig, dass man die Richtung der ganzen Versenkung durch geeignete Marken ein für alle Mal fixire, um von Zeit zu Zeit die Untersuchung der ganzen Bodenleitung leichter und sicherer vornehmen zu können.

4. Kann man natürliche Wassermassen, die in der nächsten Umgebung sich befinden, nicht benutzen, oder sind solche Wasserreservoire zu weit entfernt, so erscheint es als nothwendig, in passender Entfernung vom Gebäude und in einer geeigneten Lage gegen dasselbe sowohl, wie gegen die Umgebung einen Brunnenschacht graben zu lassen, und zwar so tief, dass man auf das Hervortreten reichhaltiger Wasserquellen rechnen kann. Dieser Brunnen wird durch ein eingesenktes gusseisernes und an seinen Seiten mehrfach durchlöchertes Rohr ausgefüllt, und dieses Rohr ist zur Aufnahme der Bodenleitung bestimmt.

Von dem Gebäude aus wird dann in einer Niederung und in einer angemessenen Tiefe, deren Grösse sich nach der Tiefe des Brunnenschachtes und den Terrainverhältnissen richtet, und die bis zu 10 Fuss gehen kann, ein Graben mit zunehmender Neigung gegen den Horizont bis zur Oeffnung des Brunnens angelegt, und in diesen die unterirdische Leitung in gehöriger Weise versetzt. An ihrem untersten Ende wird dieselbe mit einem Rohre von verzinktem Eisenblech metallisch verbunden, das in das Brunnenrohr versenkt, und mit diesem in passender Weise verbunden wird. Für diese Verbindung reicht es aus, wenn das Ende der Ausleitung an das obere Ende des Brunnenrohres mittelst einer durchgesteckten eisernen Stange befestiget wird. Das Brunnenrohr muss durch eine Steinplatte, die auf dasselbe gekittet wird, geschlossen werden. Die ganze

ausgegrabene Oeffnung wird, nachdem ihre Richtung durch hölzerne eingesteckte Pfähle u. dergl. markirt worden ist, ganz und gar mit Erde bedeckt. — Die Anlegung einzelner Verzweigungen in geringer Tiefe unter der Erdoberfläche in der oben erwähnten Weise erscheint hier als nothwendiger, wie in dem vorher betrachteten Falle.

5. Die Einrichtung der Bodenleitung für ein auf einem Felsengrund errichtetes Bauwerk muss so sorgfältig, als die Umstände es gestatten, vorgenommen werden, wenn gleich durch diese Bodenverhältnisse das Eintreten von Blitzschlägen nicht begünstiget wird. Hier suche man an den niedersten Stellen der Umgebung einige Punkte auszumitteln, die in möglichst grosser Entfernung von dem Gebäude sich befinden, und geeignet sind, einige Brunnenschachte, wenn auch von geringer Weite, ausbohren zu können. Die Leitung soll dann, mehrfach sich an verschiedenen Stellen verzweigend, unter der Erdoberfläche, wenn diess angeht, bis zu den Brunnen geführt werden. Jedenfalls erscheint es als nothwendig, wenn das Gebäude dauernd gegen Blitzeswirkungen geschützt werden soll, dass man in einer grösseren Ausdehnung auf der ganzen Strecke, welche die Leitung im Boden einnimmt, die Oberfläche mit einer dicken Schichte von Erdmassen bedeckt, welche eine grosse Menge von Feuchtigkeit zu absorbiren, und die bei eintretenden Regengüssen die leitende Verbindung mit dem natürlichen Erdreich der näheren Umgebung u. s. w. herzustellen vermag.

Ebenso wird man für Gebäude, die auf isolirten Anhöhen, oder auf hohen Bergen angelegt sind, mehrere Leitungen durch unterirdische, nach den Niederungen hin abfallende Gräben von dem Gebäude hinwegführen, so dass das Ende derselben in Brunnenschachte einmündet, welche beständig das Ende der Bodenleitung mit natürlichen Wassermassen in Verbindung erhalten.

Zur Erläuterung der hier angegebenen Regeln ist in *Fig. 57* (Seite 128) eine Seitenansicht eines militärischen Gebäudes abgebildet, in welchem die unteren Räume als Magazin verwendet werden sollen. An demselben wurden zwei Blitzableiter angebracht, die unter sich durch eine Rinnenleitung AB, wie sie oben (Seite 107) beschrieben wurde, mit einander verbunden sind. Bei dem einen Blitzableiter geht die Leitung $ACDE\ldots$ (die hier eigentlich nicht sichtbar sein kann, und deren Richtung bloss der Deutlichkeit halber angedeutet wurde) durch einen in der Mauer zu diesem Zwecke angelegten Kanal, und führt, indem sie sich in der Nähe der Erdoberfläche vom Gebäude hinweg nach FKL u. s. w. verzweigt, mit ihrem Hauptarme nach einem Brunnenschachte, der das Ende des metallischen Kanales beständig mit der Erde in gut leitender Verbindung so erhalten soll, dass jede benachbarte leitende Masse eine Entladung nicht zu bewirken im Stande ist. Für die andere Leitung $BC_{,}D_{,}E_{,}\ldots$, welche im Aeusseren nach dem gewöhnlichen Verfahren, jedoch mit Beachtung der oben angegebenen Vorsichtsmaassregeln angelegt ist, sind ausser der unterirdischen Hauptleitung, die hier schon in einer Tiefe von etwa 2 Fuss unter der Oberfläche beginnen soll, noch mehrere Zweigleitungen bei $E_{,}$ und $I_{,}$, die selbst wieder Verzweigungen haben, und durch Erdplatten mit der Erde in Berührung versetzt werden sollen, angedeutet.

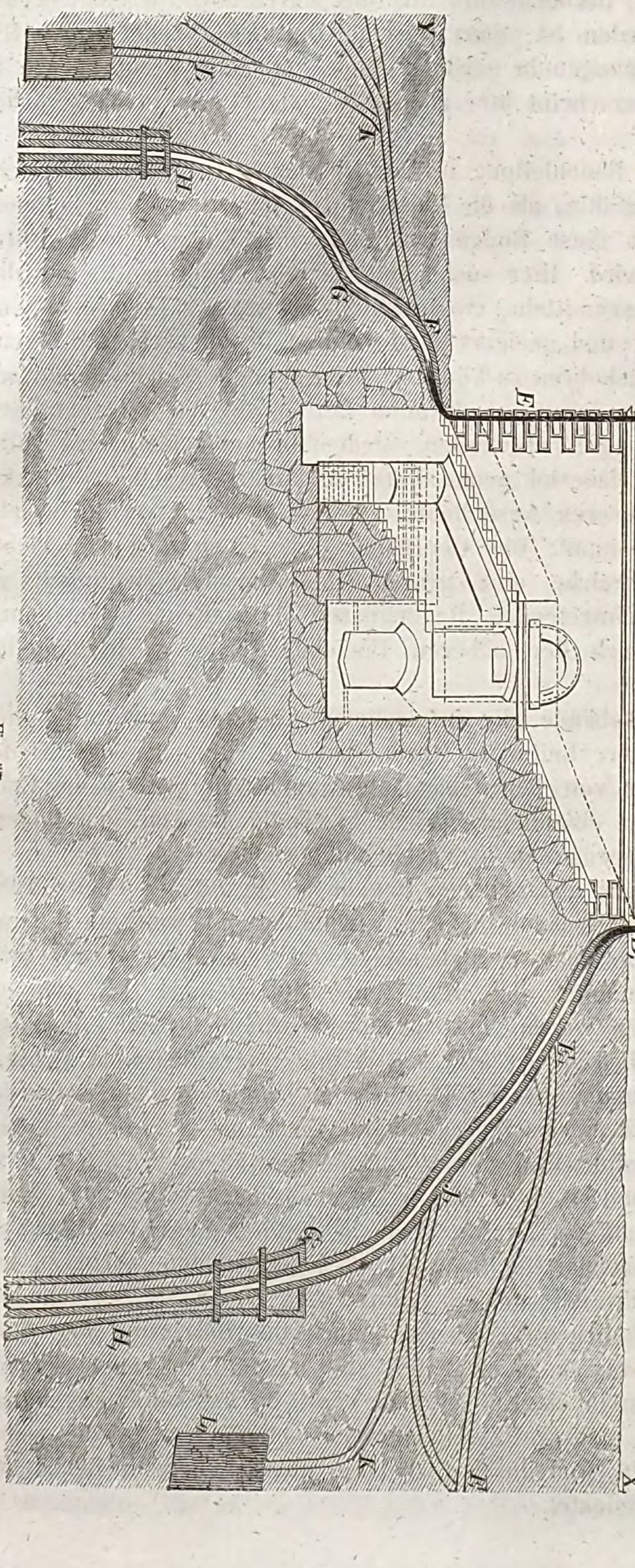


Fig. 57.

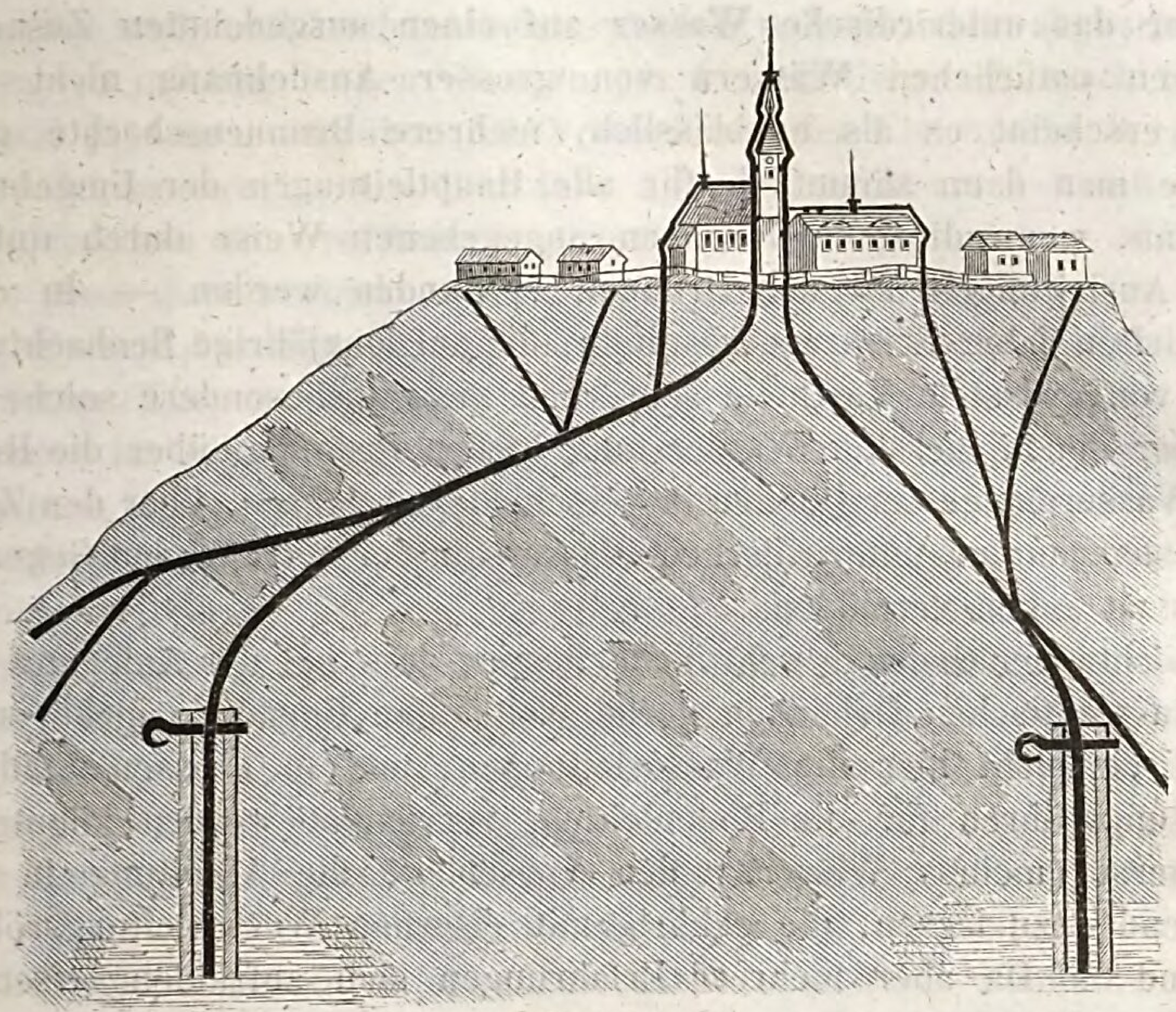


Fig. 58.

Fig. 58 stellt das angegebene Verfahren für isolirte, auf Abhängen oder auf Felsenmassen befindliche Bauwerke schematisch angedeutet vor.

Ich habe bei diesen Betrachtungen einen so bedeutenden Werth auf die zweckmässige Einrichtung der Bodenleitung gelegt, dass man die von mir vorgeschlagenen Anordnungen vielleicht von mancher Seite als umständlich und ängstlich erklären möchte. Diese Vorsichtsmaassregeln halte ich aber für alle Gebäude, bei denen man die Blitzableiter nicht für entbehrlich hält, für so dringend nothwendig, dass ich für deren Ausführung noch eine weitere Bemerkung hinzuzufügen mich bewogen fühlen muss. — Ehe nämlich die Bodenleitung angelegt wird, hat man in der ganzen näheren und entfernteren Umgebung des Gebäudes durch geeignete Mittel die gehörige Kenntniss der Bodenbeschaffenheit sich zu verschaffen. Man soll nämlich, wenn keine natürlichen Wassermassen, von deren wahrscheinlicher Unversiegbarkeit man durch langjährige Erfahrung oder andere näher liegende Umstände versichert sein kann, in der Nähe sich vorfinden, durch Sondirung an vielen Stellen die Bodenschichten bis auf grosse Tiefen untersuchen, oder von sachkundigen Technikern genau beurtheilen lassen. Kömmt man bei derartigen Untersuchungen auf günstige Resultate, so reicht ein Brunnenschacht, an den niedersten und weit von den Gebäuden entfernten Stellen angelegt, nicht bloss für eine, sondern sogar für viele Leitungen aus. Hiebei wird aber vorausgesetzt, dass die Leitung eines jeden Blitzableiters in vollkommen fehlerfreiem Zustande sich befinde, damit nicht, wie oben ausführlich erörtert wurde, die Gefahr von einem Gebäude, das einer Blitzesentladung ausgesetzt ist, auf ein anderes Bauwerk übergetragen werden kann.

Sollte man aber bei derartigen Sondirungsversuchen finden, dass die Bodenarten an verschiedenen Stellen der Umgebung sich nicht als gleich herausstellen,

dass ferner das unterirdische Wasser auf einen ausgedehnten Zusammenhang mit anderen natürlichen Wässern von grosser Ausdehnung nicht schliessen lässt, so erscheint es als unablässlich, mehrere Brunnenschachte graben zu lassen, die man dann sämmtlich für alle Hauptleitungen der Umgebungen benutzen kann, wenn diese in der oben angegebenen Weise durch unterirdische metallene Ausleitungen mit den Brunnen verbunden werden. — In dieser Beziehung dürften daher Erfahrungsresultate, die auf langjährige Beobachtungen sich gründen, von grösstem Vortheile sein, und zwar insbesondere solche Angaben, welche über den niedersten Wasserstand in den Brunnen, über die Reichhaltigkeit der Wassermenge der Quellen in verschiedenen Jahren, über den Zusammenhang des sogenannten unterirdischen Wassers in der betreffenden Gegend u. s. w. Aufschluss zu geben vermögen.

Es möchte der Gedanke sehr nahe liegen, dass bei der Anlegung von Blitzableitern in städtischen Gebäuden derlei weitläufige Umstände nicht erforderlich sind, weil vielleicht hier die Wasserleitungen, und in grossen Städten sogar die Gasleitungsröhren für die Bodenleitung verwendet werden könnten. Hare machte zuerst (meines Wissens) den Vorschlag, die Ableitung in metallene Scheiben enden zu lassen, die gehörig mit eisernen Wasserleitungsröhren verbunden sind [38]. Da aber mehrere Erfahrungen sich aufzählen lassen, welche darthun, dass die Wasserleitungen sich als ungenügend erwiesen [39], und da die Benutzung der Gasleitungsröhren für diesen Zweck in keinem Falle als eine Maassregel der Vorsicht und Klugheit angesehen werden kann, so müssen die Bodenleitungen dieser Art hier umgangen werden.

§. 35. Ueber die Wirkungssphäre eines Blitzableiters.

Die bisherigen Betrachtungen, welche ich über die Construction und Einrichtung der Blitzableiter vorgenommen habe, beziehen sich auf die zweckmässige Anordnung eines einzigen Franklin'schen Apparates. Es kann nun die Frage gestellt werden, an welcher Stelle der Blitzableiter angebracht werden muss, damit das ganze Bauwerk gegen die Einwirkungen der Gewitterwolken durch denselben geschützt bleibt, oder, was dasselbe ist, damit jene Einwirkungen nur auf den Blitzableiter allein, nicht aber auf das zu schützende Object sich erstrecken? Was die Stelle betrifft, an welcher der Blitzableiter angebracht werden muss, so zeigen uns hierüber alle älteren und neueren Erfahrungen, dass die höchsten Punkte eines Bauwerkes, dann diejenigen, welche an demselben besonders hervorragen, wie z. B. die Kamine, kleine Thürmchen u. dergl. den Einwirkungen der Gewitterwolken am meisten ausgesetzt sind, und es kann daher kein Zweifel mehr darüber obwalten, dass die hervorragendste Stelle eines Gebäudes diejenige ist, an welcher die sogenannte Auffangstange des Blitzableiters angebracht werden muss, damit diese die Influenzwirkungen zuerst erfährt. Ob aber diese Influenzwirkungen bei dieser Anordnung nur allein auf den Blitzableiter, nicht aber auch auf die nächste Umgebung desselben sich erstrecken können, ist dennoch nicht ausgemacht. Es ist zwar ausser Zweifel gestellt, dass wenn der Blitzableiter mit seiner Spitze in die Gewitterwolke selbst hineinragen

würde, dieselbe nach und nach entladen werden müsste; aber abgesehen davon, dass wir von so mächtig langen Stangen gar keinen Gebrauch machen können, so wissen wir ja, dass uns über die Vertheilung der Elektricität in einer Gewitterwolke ebenso wenig, wie über ihre Ausdehnung etwas bekannt ist, dass die Gestalt derselben eine veränderliche und im Allgemeinen eine völlig unbestimmte ist, dass dieselbe nicht als ein homogen angeordneter Leiter, sondern sogar ihrer ganzen Ausdehnung nach als ein aus ungleichartigen Schichten zusammengesetzter Körper angesehen werden muss, und dass endlich während eines Gewitters im Allgemeinen nicht eine einzige Wolke es ist, welche die Influenzwirkungen gegen die Erde selbst und die auf ihr sich befindlichen Objecte ausübt, sondern sogar ganze Wolkencomplexe hieran Antheil nehmen können. Es möchte daher die Grösse und Ausdehnung des Raumes, auf welchen sich die schützende Wirkung eines einzigen Blitzableiters erstreckt, als völlig unbestimmbar erscheinen. Wenn wir dieses Resultat für sehr hohe Auffangstangen aussprechen dürfen, so möchte seine Anwendung auf unsere gewöhnlichen Blitzableiter ohnehin keinem Zweifel unterliegen.

Dieses ungünstige Ergebniss möchte uns anfänglich auf die Meinung führen, als ob der Schutz, den ein Blitzableiter darbietet, ein zweifelhafter sein dürfte, weil wir die Sphäre seiner Wirksamkeit nicht bestimmen können. Allerdings müssten wir diese Meinung zugeben, wenn wir auf einen einzigen Blitzableiter die influencirende Einwirkung der Gewitterwolken, die auf einen Raum von bedeutender Ausdehnung ausgeübt wird, concentriren wollten. In der Wirklichkeit haben wir es aber immer nur mit Objecten von begrenzter und mässiger Ausdehnung zu thun, und wir fragen daher nicht, auf welchen Umkreis ein einziger Blitzableiter seine schützende Wirkung erstreckt, sondern vielmehr, ob durch denselben das Bauwerk, dem er angehört, mit Sicherheit gegen Blitzeswirkungen geschützt bleibt. Die folgenden Betrachtungen sind nun dazu bestimmt, einen Beitrag zur Beantwortung dieser Frage zu liefern; sie können aber nicht als ausreichend angesehen werden, diese Frage ganz und gar zu erledigen.

Es sind im Verfolge unserer Erörterungen viele Beispiele aufgezählt worden, die geeignet sind, den thatsächlichen Beweis zu liefern, dass unter den Gebäuden und Schiffen, welche der Einwirkung eines und desselben Gewitters ausgesetzt waren, diejenigen von den zerstörenden Wirkungen der Blitzesentladungen verschont blieben, die mit Blitzableitern versehen waren, während andere den verheerenden Wirkungen nicht entgangen sind, dass jene sogar noch andere Objecte in ihrer Umgebung zuweilen zu schützen vermochten, und dass selbst in manchen Fällen fehlerhafte Blitzableiter zum Schutze dienten, wenn die Blitzesentladungen nur einfache waren.

Es kann daher als ausgemacht angesehen werden, dass für die beschränkte Anwendung, die wir von den Blitzableitern bei bestimmten Objecten machen wollen, eine gewisse Wirkungssphäre eines einzigen Blitzableiters angenommen werden darf.

Ueber diese Wirkungssphäre hat man bald nach der Erfindung der Blitzableiter bestimmte Regeln anzugeben versucht, die zum grössten Theile aus

den Experimenten mittelst der Elektrisirmaschine und den unterbrochenen Blitzableitern abgeleitet wurden.

Franklin selbst hat solche Regeln nicht angegeben; er wollte bloss, „dass der obere Theil des Stabes (Auffangstange) 6 bis 8 Fuss über den Gipfel des Gebäudes hervorrage, allmählig sich in eine Spitze verdünne, die vergoldet werden solle, um sie vor dem Rost zu bewahren", und zwar gab er diese Maassregel aus dem Grunde, weil „abgerissene Stücke von Wolken, die in der Luft zwischen dem Hauptkörper der Wolke und der Erde dem Blitz oft zu Halbleitern dienen, um durch diese in die Schlagweite der Erde oder eines Gebäudes zu kommen, und diese zu treffen. Wenn daher scharfe Spitzen, welche mit der Erde zusammenhängen, diesen abgerissenen Wolken entgegengestellt werden, das Flüssige, womit sie geladen seien, stillschweigend anziehen, so werden die Wolkenstücke von der Hauptwolke angezogen, und können so unter sich und von dem Gebäude in einem Abstande erhalten werden, der gross genug ist, dass sie ausser der Schlagweite bleiben" [40]. Diese Ansichten werden auch durch seine Versuche erläutert, die Franklin zur Bekämpfung von Wilson's Meinungen der Commission darlegt, welche im Jahre 1772 zur Untersuchung des Blitzableiters an dem Pulvermagazin zu Purfleet bestimmt wurde [41]. — Für ausgedehnte Gebäude hingegen schlug Franklin vor, zwei oder mehrere Blitzableiter an verschiedenen Stellen zu errichten; so wurden auf seine Veranlassung bei Errichtung neuer Blitzableiter auf dem Pulvermagazin zu Purfleet im Jahre 1772 von der Commission ein Dutzend Blitzableiter für dieses Gebäude vorgeschlagen, wobei die Spitze eines jeden derselben mindestens 10 Fuss die höchsten Stellen am Gebäude überragen sollte [42].

Später wurde die Regel festgehalten, die Auffangstange so lang zu machen, dass die Spitze derselben noch 12 bis 16 Fuss über den hervorragendsten Theil am Dache des Gebäudes u. dergl. sich befand. Die von Beccaria angestellten Beobachtungen führten ihn zu der Ansicht, als ob die Sphäre der Wirksamkeit hiebei auf 200 Fuss sich erstrecke, was also auf jeder Seite hin etwa das Sechs- bis Achtfache der Höhe des Blitzableiters ausmachen würde, auf welche Entfernungen hin also durch einen Ableiter ein Gebäude geschützt werde. Landriani, der in seiner Abhandlung dieser Angaben erwähnt, führt Beispiele an, wo Gebäude an einer Ecke am Schornstein vom Blitze getroffen wurden, während dem Schornsteine gegenüber in einer Entfernung von 30 bis 40 Fuss der Blitzableiter angebracht war. Landriani hält daher sogar den Durchmesser des Wirkungskreises von 100 Fuss, wie ihn le Roy theils nach seinen Untersuchungen über die Spitzenwirkung, theils durch Beobachtungen an Blitzfängern etc. festsetzte, noch für viel zu gross, und will daher, dass die Distanz zweier Ableiter niemals über 70 bis 80 Fuss genommen, also der Halbmesser des Wirkungskreises für einen Blitzableiter etwa 2 bis 3 Mal der Höhe als sicher angenommen werden dürfe, wobei er aber noch bemerkt, dass wenn an dem Gebäude einzelne hervorragende Stellen sich befinden, diese selbst mit Spitzen versehen werden sollen, die mit der Hauptleitung metallisch verbunden werden müssen. Bei kleineren Gebäuden aber, die nicht hoch sind u. s. w., sei die Distanz von 80 Fuss für die Ableiter nicht zu gross, also ein Halbmesser

des Wirkungskreises von etwa der 2,5- bis 3,8fachen Höhe zulässig [43]. Eine Regel, wie die von Landriani angegebene, ist sogar in gegenwärtiger Zeit noch als Grundlage für die Bestimmung des Wirkungskreises eines Blitzableiters in Anwendung. Es ist nämlich die von der französischen akademischen Commission im Jahre 1823 angenommene, vermöge welcher nach den Ansichten von Charles ein kreisförmiger Raum, dessen Radius doppelt so gross ist, als die Auffangstange, durch den Blitzableiter noch kräftig geschützt werde, so dass also der Durchmesser der Wirkungssphäre dem Vierfachen der Höhe der Auffangstange gleich gesetzt werden dürfte. Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, dass diese Regel von der genannten Commission nicht ohne ein gewisses Misstrauen gegen ihre Zuverlässigkeit dictirt wurde. So heisst es in der älteren Instruction unter Anderem: „Ein Gebäude von *40* Meter Länge würde, jener Regel nach, durch eine Auffangstange von *10* Meter Höhe geschützt sein, und wirklich errichtet man sie auch von einer solchen Höhe; es verdient indess den Vorzug (!), statt einer einzigen solchen Stange mehrere von *5* bis *6* Meter Länge zu errichten, und sie auf eine solche Art anzubringen, dass der Raum um sie her überall gleichmässig geschützt sei. Man gelangt hiezu, wenn man sie jede *10* Meter weit von den Enden des Gebäudes anbringt, wodurch sie folglich um *20* Meter von einander entfernt bleiben.“ Den Zweifel, den sie der Genauigkeit dieser Regel entgegensetzt, drückt die Commission in einem anderen Beispiele noch deutlicher aus. Sie hält es nämlich für gerathen, sowohl Thürme als auch die dazu gehörige Kirche mit Blitzableitern zu versehen, mit der Annahme, „dass die ihrer Thürme nur einen Raum mit Wirksamkeit schützen, dessen Radius gleich ist der (einfachen) Höhe derselben über der First des Daches. Mithin werde ein Blitzableiter eines Glockenthurmes, der sich um *30* Meter über das Dach einer Kirche erhebt, diese nur bis auf 30 Meter, von der Axe des Thurmes ab, beschützen, und wenn das Dach sich weiter ausdehnt, so sei es nöthig, darauf einen Blitzableiter zu errichten, nach der Vorschrift, die vorher für erhabene Gebäude gegeben ward.“ Die ältere französische Commission hat also durch eine solche Annahme der Charles'schen Regel diese nicht bloss als unsicher erklärt, sondern auch die Willkühr, mit welcher sie angewendet werden will, noch etwas erweitert *. Von diesen Vorschriften der älteren französischen Com-

* Die neuere französische Commission vom Jahre 1854 hat diese Mängel einer umfassenden Beleuchtung unterworfen, und für die Anwendung jener Regel eine nicht geringe Vorsicht angerathen. Welchen Werth sie dieser Regel beilegen zu dürfen, für rathsam hielt, möchte am besten aus dem betreffenden Gutachten selbst hervorgehen. Dort heisst es nämlich bezüglich der vorliegenden Frage:

„*Quelques anciennes observations paraissent avoir constaté des coups de foudre sur des parties de bâtiments qui se trouvaient à une distance de la tige égale à trois ou quatre fois sa hauteur au-dessus de leur niveau. En conséquence, à la fin du siècle dernier, c'était une opinion généralement reçue, que le cercle de protection du paratonnerre n'avait pour rayon que deux fois la hauteur de la tige. L'Instruction de 1823 ayant trouvé cette pratique établie, a cru devoir l'adopter. Cependant elle y apporte quelques restrictions.*“ (Hier folgt das obige Beispiel.) „*Il importe de rappeler que ces règles, bien qu'elles soient appliquées depuis longtemps, reposent sur des bases où il entre beaucoup d'arbitraire; et si nous faisons cette remarque, ce n'est par pour les condamner, mais seulement pour empêcher qu'on ne leur attribue une valeur qu'elles sont loin d'avoir. Ne suffirait-il pas, en effet, que, d'époque en époque, elles fussent ainsi admises traditionellement et de confiance pour que l'on se crût dispensé de les soumettre à quelque contrôle, pour que l'on négligeât de faire sur ce point des observations qui pourraient se présenter et qui fourniraient à la science des documents qui lui manquent presque complétement?*“ — „*Ce n'est qu'avec ces réserves et faute de données assez nombreuses et assez certaines que nous admettons ces règles reçues la grandeur du cercle qu'un paratonnerre protége autour de lui. Nous ajouterons de plus, pour ceux qui pourront observer des faits qui s'y rapportent, qu'elles ne peuvent pas être générales et absolues;*

mission hat man daher auch nicht immer die gehörige Anwendung zu machen gewusst, und unter Anderem blieb es zweifelhaft, in welcher Horizontalebene der sogenannte Schutzkreis angenommen werden müsse. Aus diesem Grunde hat Arago sich veranlasst gefühlt, die folgenden Fragen näher zu untersuchen. In seiner Abhandlung „über das Gewitter" heisst es nämlich[44]: „Ein Blitzableiter, sagt man, schützt ein Dach oder einen Altan nur bis zu einer Entfernung, die dem Doppelten seiner Höhe über diesem Dache oder Altane gleich kommt. Ist sein Wirkungskreis eben so beschränkt, wenn man denselben für ein anderes und tiefer liegendes Niveau bestimmen, wenn man denselben z. B. auf dem Erdboden abmessen will? Oder schützt wohl der Blitzableiter, der auf der Spitze eines Kirchthurmes errichtet ist, an der Erde einen mit der doppelten Summe der Höhen des Thurmes und der Stange als Radius beschriebenen Kreis?" — Um diese Fragen zu untersuchen, wählt Arago eine Anzahl von Erfahrungen, die auch von Anderen aufgeführt werden, um die Wirksamkeit eines Blitzableiters auf gewisse Entfernungen in Zweifel zu stellen. Als erstes Beispiel dient das Ereigniss an dem Gebäude des Artillerie-Collegiums, in der Nähe des Pulvermagazins zu Purfleet, am 15. Mai 1777, von welchem unten der Bericht folgen wird. Bei diesem Ereignisse wurde (angeblich) vom Blitze eine eiserne Klammer getroffen, die in Blei eingelassen, zwei Steinplatten des Gesimses mit einander verband, welches unten am Dache um das Gebäude herum lief. Von dort fuhr der Blitz in eine Abzugsröhre und folgte derselben bis in das Wasser eines Brunnens, in dem er nur den zwischen der Klammer und der Abzugsröhre befindlichen Stein zerbrach, ohne weitere Zerstörung." Aus den vorliegenden Documenten ist zu ersehen, dass die Spitze des Blitzableiters 24 Par. Fuss über das Niveau der Steinplatten des Gesimses sich erhob, während der horizontale Abstand der vom Blitze getroffenen Klammer von der vertikalen Verlängerung der Auffangstange nur $22^1/_5$ Fuss betrug. Der Blitzableiter hatte also, statt an der unteren Grenze des Daches einen kreisförmigen Raum zu beschützen, dessen Radius das Doppelte seiner Höhe über dem Gesimse betrüge, seine schützende Wirkung nicht einmal bis zur einfachen Entfernung ausgeübt. Die Auffangstange erhob sich aber 10,6 Fuss über die Spitze des Daches, auf dem sie errichtet war, sohin würde das Doppelte dieser Grösse zu 21,2 Fuss die Klammer noch um mehr als 1 Fuss ausserhalb des Wirkungskreises lassen, wenn in allen Stockwerken eines Gebäudes der Radius dieses Kreises, wie oben angenommen wird, das Doppelte derjenigen Höhe ist, um welche die Auffangstange sich über das Gebäude erhebt. Abgesehen davon, dass der Blitzableiter zu Purfleet nicht ganz fehlerfrei war, so würde also diejenige der beiden Arten, den Wirkungskreis eines Blitzableiters zu bestimmen, die diese am engsten zieht, durch das genannte Ereigniss nicht entkräftet werden, während die andere, nach welcher der Wirkungskreis nach der ganzen Höhe des Blitzableiters über der getroffenen Stelle bestimmt werden sollte, mit dem Ereigniss völlig im Widerspruch steht. — „Am 17. Juni 1774

qu'elles dépendent d'une foule de circonstances, et particulièrement des matériaux qui entrent dans les constructions" etc. etc. —

schlug der Blitz zu Tenterdeen in Kent in einen der vier Schornsteine des Hauses von Herrn Haffenden, obgleich auf einem derselben ein Blitzableiter stand. Der vom Blitze zerstörte Schornstein war in einigem Abstande von bleiernen Rinnen umgeben, und 46 Fuss von der Auffangstange entfernt, während die Spitze nur 4,6 Fuss über das obere Niveau der vier Schornsteine emporragte. Da also die Entfernung zehn Mal grösser war, als die Höhe des Blitzableiters über der getroffenen Stelle, so steht dieses Ereigniss mit den herrschenden Ansichten nicht in Widerspruch. Uebrigens waren „die Form und Construction der Leitung nicht ganz untadelhaft“ [45]. Am 17. Juni 1781 wurde das sehr ausgedehnte Armenhaus zu Heckinham in Norfolkshire trotz der acht Blitzableiter, mit denen dasselbe versehen war, von einem heftigen Blitzschlage getroffen. Der (angeblich) vom Blitz zuerst erreichte Punkt lag an einer der unteren Ecken des Daches, die von einer breiten Bleiplatte bedeckt war. Der horizontale Abstand dieses Punktes vom nächsten Blitzableiter betrug 54,7 Fuss. Die doppelte Höhe der Auffangstange über dem Niveau dieses Punktes aber betrug nicht mehr als 39,2 Fuss, und es kann daher dieser Fall nicht zur Widerlegung der oben erwähnten Ansicht dienen. Uebrigens waren die Bodenleitungen dieser Blitzableiter mangelhaft, wie schon (Seite 113) erwähnt wurde, und aus der unten [46] nach Magellan hierüber gegebenen Beschreibung hervorgeht.

Diese und noch mehrere andere Thatsachen, die Arago anführt, führen ihn zu folgendem Resultate: „durch die Uebereinstimmung aller dieser Thatsachen ist man berechtiget, die Weite der schützenden Kraft der auf den höchsten Theilen der Gebäude errichteten Blitzableiter auf das Doppelte der Höhe der Auffangstangen über der Befestigungsstelle anzuschlagen“.

Nach diesem Resultate hätte man also den Wirkungskreis nur innerhalb sehr enger Grenzen anzunehmen. „Der Halbmesser des Wirkungskreises wäre hiernach gleich der zweifachen Länge der Auffangstange selbst.“ Während man also in Befolgung der Charles'schen Regel bisher immer anzunehmen geneigt war, und sogar hiezu sich für berechtiget hielt, das bestimmende Element sei die Höhe der Spitze des Blitzableiters über derjenigen Horizontalebene, die man sich durch die höchsten Stellen der Objecte in der Umgebung gelegt denken kann, und dass dann die Wirksamkeit des Blitzableiters nach jeder Seite hin als das Doppelte dieser Höhe angenommen werden dürfe, so ist durch das vorstehende Resultat die Wirkungssphäre als eine weit kleinere anzusehen.

Beurtheilt man nunmehr nicht bloss die älteren Thatsachen, sondern auch die Erfahrungen, wie sie die neueste Zeit liefert, nach diesem Maassstabe, so findet man, dass die in der Nähe von Blitzableitern vorgekommenen Blitzesereignisse stets auf solche Stellen sich erstreckt haben, die schon beträchtlich ausserhalb dieses beschränkten Wirkungskreises lagen. Ein solcher Fall, der hieher gehört, wurde schon oben (Anmerkung [35]) mitgetheilt; es ist nämlich das von Loomis beschriebene Ereigniss, nach welchem ein in der Entfernung von 100 Fuss (engl.) von einem senkrecht unter der Spitze des Blitzableiters liegenden Punkte befindlicher Haufen Sägespäne von einem Blitzschlage ent-

zündet worden sein soll, und wobei die Spitze des Blitzableiters um 59 Fuss höher lag, als die Sägespäne. Loomis machte hieraus den Schluss, dass, da in dem vorliegenden Falle der Halbmesser des Schutzkreises nach der gewöhnlichen Regel zu 118 Fuss angenommen werden müsste, der Sägespänhaufen also innerhalb dieses hypothetischen Wirkungskreises des Blitzableiters lag, „ein Blitzableiter für einen Kreis, dessen Radius mehr als das Anderthalbfache von der Höhe des Blitzableiters beträgt, keinen sicheren Schutz mehr gewähre u. s. w." Aus den Mittheilungen von Loomis scheint nun hervorzugehen, dass die Höhe der Auffangstange nur 10 (engl.) Fuss war; aber mit Gewissheit kann man annehmen, dass dieselbe eine Länge von 20 Fuss nicht erreichte. Nach dem auf engere Grenzen gebrachten sogenannten Schutzkreis dieses Factum beurtheilt, so ergibt sich, dass der Halbmesser des Wirkungskreises jenes Blitzableiters an der Stellmacherwerkstätte zu Tallmadge noch unter 50 Fuss betrug, dass also der besagte Sägespänhaufen weit ausserhalb der Grenze des sogenannten Schutzkreises sich befand. Die Ursache jenes Ereignisses dürfte also nicht dem von Loomis angegebenen Umstande zuzuschreiben sein. — Auf ähnliche Weise müssen auch die Fälle, welche Plieninger aufzählt, und die auf Ereignisse sich beziehen, wie sie in Stuttgart beobachtet wurden [47], beurtheilt werden, denn auch bei diesen lagen alle vom Blitze zuerst getroffenen Objecte ausserhalb des Wirkungskreises der Hauptauffangstangen, wenn man als Mittelpunkt dieses Kreises, wie die obige beschränkte Regel es erfordern würde, einen Punkt wählen soll, der an der Befestigungsstelle der Auffangstange liegt.

Betrachtet man nun die sämmtlichen über die Sphäre der Wirksamkeit eines Blitzableiters vorgenommenen Erörterungen näher, so möchte man offenbar geneigt sein, aus denselben den Schluss zu ziehen, dass sie zu einem wirklich befriedigenden Resultate nicht geführt haben. Dem ist nun auch wirklich so; denn die einzige Folgerung, die wir aus den bisherigen Besprechungen über diese Angelegenheit ziehen dürfen, möchte die sein, dass wir allerdings für einen jeden Blitzableiter eine bestimmte Sphäre seiner Wirksamkeit anzunehmen berechtiget sind. Wie gross aber der Halbmesser eines jeden solchen Wirkungskreises mit Sicherheit angenommen werden darf, und selbst, wohin man seinen Mittelpunkt zu versetzen hat u. s. w., darüber fehlen uns alle Anhaltspunkte. Selbst für die in sehr enge Grenzen eingeschränkte Charles'sche Regel, wie sie zuletzt ausgesprochen wurde, lassen sich feste Grundlagen nicht angeben; es kann zwar nicht in Abrede gestellt werden, dass dieselbe unter manchen Umständen mit Sicherheit benutzt werden kann, und dass hiebei vielleicht der Wirkungskreis sogar noch grösser sein möchte, als der, den diese Regel zulässt; aber viele andere Umstände gibt es, und diess sind sogar die häufigsten, unter welchen die Anwendung jener, sowie überhaupt einer einzigen Regel, die über die Sphäre der Wirksamkeit eines Blitzableiters Aufschluss geben soll, als eine völlige Maassregel der Willkühr angesehen werden müsste.

§. 36. Ueber die Anzahl der Blitzableiter, mit welchen ein Gebäude versehen werden soll.

Die in älteren und neueren Schriften u. s. w. über sogenannte Blitzschläge in so grosser Anzahl angesammelten Thatsachen reichen gegenwärtig dennoch noch nicht aus, um die in dem vorigen Paragraphen gestellten Fragen, bezüglich der Wirkungssphäre eines Blitzableiters, in dem Umfange lösen zu können, wie es dort gefordert wird. Es ist also nothwendig, um diesen Gegenstand wenigstens innerhalb enger Grenzen erledigen zu können, jene Fragen selbst in gehöriger Weise zu modificiren. Ich ändere daher dieselben dahin ab, dass ich nunmehr vorläufig meine Betrachtungen auf die folgende Frage beschränke: „Mit wie vielen Blitzableitern muss man ein Gebäude versehen, damit dasselbe mit Sicherheit gegen Blitzesentladungen geschützt werde?" Eine allgemeine Beantwortung dieser Frage darf man aber hiebei nicht erwarten, indem eine solche nicht einmal gegeben werden kann; denn es hängt dieselbe mit einer so grossen Anzahl von Umständen zusammen, dass sie sich durch eine einzige allgemeine Regel nicht erschöpfen lässt. Wollte man aber eine vollständige und detaillirte Ausführung derselben vornehmen, so müsste man alle möglichen Fälle, wie sie in der Praxis vorkommen können, einzeln durchgehen, und jeden derselben näher betrachten. Da aber die Unausführbarkeit eines derartigen Unternehmens schon an und für sich einleuchtet, selbst wenn man bei den Untersuchungen nur auf die gegenwärtig bekannten Fälle Rücksicht nehmen, und davon absehen würde, dass die Zahl derselben fast mit jedem Jahre sich mehr ausdehnt, so kann in dem Folgenden nur allein von den wichtigsten Umständen die Rede sein, die bei der Bestimmung der Zahl der Blitzableiter für ein Gebäude zunächst als maassgebend in Betracht gezogen werden müssen.

Die Umstände, welche vorzugsweise ins Auge zu fassen sind, wenn über die Zahl der an einem Gebäude anzubringenden Blitzableiter entschieden werden soll, möchten folgende sein:

1) Die Lage der Hauptfaçade des Gebäudes in Beziehung zu der Richtung, welche die Gewitterwolken bei auftretenden Gewittern durchziehen.
2) Die Ausdehnung des Gebäudes, seine Bauart, die Gruppirung seiner einzelnen Theile u. s. w.
3) Die Rolle, welche die für die Construction seiner Bedachung, der Wände u. dergl. verwendeten Materialien als Leiter der Elektricität einnehmen.
4) Die Beschaffenheit des Grund und Bodens, auf dem das Gebäude sich befindet, so wie die seiner Umgebung.
5) Der Zweck, für welchen das Bauwerk benutzt wird.

§. 37. Betrachtungen über den ersten der hier aufgezählten Punkte.

Es ist meines Wissens bis jetzt bei der Anlage von Blitzableitern auf die Richtung, von welcher her die Gewitter kommen, nur in so ferne Rücksicht genommen worden, als man in den betreffenden Vorschriften gewöhnlich an-

gibt, dass die Leitung auf dem kürzesten Wege von der Auffangstange aus, und zwar an Mauern, die am häufigsten der Durchnässung vom Regen ausgesetzt sind, in den Boden geführt werden soll, und zu dem Ende sollen die Ableiter zunächst an den Mauern des Gebäudes errichtet werden, welche der Gegend zugewendet liegen, von welcher her die Gewitter am häufigsten kommen. Diese Maassregeln, die als nothwendig anerkannt werden müssen, sind aber nicht für alle vorkommenden Fälle ausreichend. Vor allem sollte man den Zug der Gewitter einer Gegend kennen, für welche diese Regeln in Anwendung kommen sollen. Die gehörigen Anhaltspunkte hierüber sind aber nur für solche Landestheile bekannt, in welchen meteorologische Beobachtungen durch eine lange Reihe von Jahren nach einem zweckmässigen Systeme angestellt werden, während ausserdem nur die Ortschronik, welche etwa die vorgekommenen Blitz- und Hagelschläge während vieler Jahre angesammelt hat, Aufschluss hierüber zu geben vermag, die Beobachtungen einzelner Personen aber, die für diesen Zweck nicht ausschliesslich angestellt werden, in der Regel nur unsichere, und oft auch ganz unbrauchbare Anhaltspunkte liefern. Im Allgemeinen kann man zwar annehmen, dass in einem grossen Theile vom mittleren Europa, selbst in Italien, dann auch in aussereuropäischen Landen der nördlichen Halbkugel meistens die Gewitter aus Westen, und zum Theile aus Südwest kommen, und dass überhaupt die Richtung unserer Regenwinde in den wärmeren Jahreszeiten auch die der Gewitterstürme sind. Da aber eine grosse Anzahl der Gewitter nur als lokale Erscheinungen auftreten, so möchte es viele Orte geben, die eine Ausnahme bezüglich der Richtung, welche die Gewitter nehmen, erkennen lassen dürften. Ausserdem ist es eine bekannte Thatsache, dass Gewitterwolken auf ihrem Wege zuweilen auf Hindernisse stossen, und dabei, wenn sie nicht in Folge der Einwirkungen, welche sie hiebei erfahren, aufgelöst werden, nach entgegengesetztem Sinne sich wieder bewegen, und dann in diesem neu entwickelten Zustande sehr heftige Gewitterentladungen herbeiführen. Um so mehr ist es also nothwendig, in Gegenden, wo die Gewitter häufig vorkommen, dem Wirkungskreise eines einzigen Blitzableiters keine zu grosse Ausdehnung zu geben, und so weit als möglich auf die hier berührten Umstände bei Anlage der Blitzableiter Rücksicht zu nehmen.

Sehen wir aber von den letztgenannten Umständen, die doch nicht häufig vorkommen, ab, und nehmen z. B. an, der Zug des Gewitters gehe von *SW.* gen *NO.*, so fragt es sich, ob wir im Stande sind, über die Anzahl der Blitzableiter, die ein Gebäude, dessen Hauptfaçade nahezu senkrecht gegen den Zug der Gewitterwolken und nach *SW.* zugekehrt ist, erhalten soll, Aufschluss zu geben im Stande sind, wenn wir die bisherigen Erfahrungen dabei zu Rathe ziehen. In *Fig. 59* (Seite 139) sei ein solches Gebäude so dargestellt, wie dasselbe von oben angesehen (in horizontaler Projection) sich zeigt, und zwar seien bei B, E, F und G Kamine, also hervorragende Stellen angebracht. Vor allem erscheint es als nothwendig bei $G_{\prime}$, dem westlichen Dachgiebel, eine Auffangstange mit einer Hauptleitung anzubringen. Die Stange selbst muss so lang sein, dass sie der Umgebung den gehörigen Schutz darbietet, und wenn wir also den beschränkteren Wirkungskreis, wie er in §. 35 angenommen wurde, in

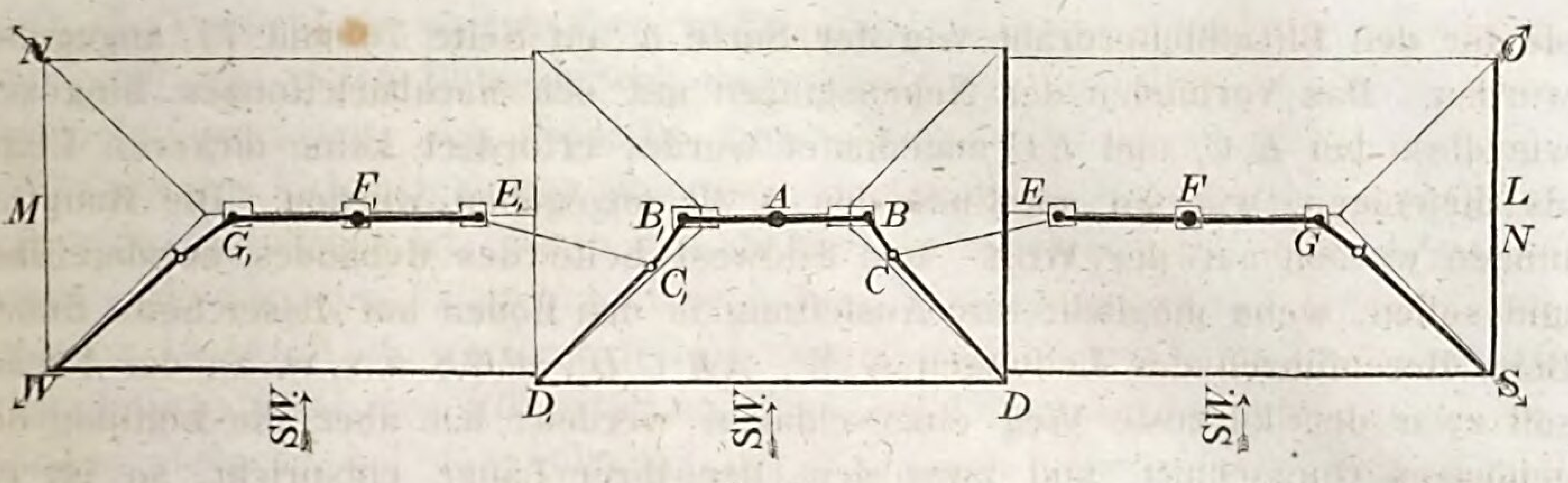


Fig. 59.

Geltung versetzen wollen, so wird ihre Länge mindestens der Hälfte des am weitesten von ihrer Befestigungsstelle am Dachrande noch befindlichen Punktes sein müssen. Ob aber hiebei solche Punkte innerhalb des Wirkungskreises noch geschützt bleiben, die auf der *SO.*-Seite von $G_{,}$ liegen, müssen wir dahingestellt sein lassen, da streng genommen, alle Punkte der durch die Linie $G_{,}G$ gedachten Vertikalebene in gleicher Weise von den Gewitterwolken unter sonst gleichen Umständen afficirt werden. Für diesen Fall fehlen uns also Thatsachen, die ebenso geeignet sind, wie die Versuche von Beccaria und Anderen, die oben (§. 27 und in den hiezu gehörigen Anmerkungen u. s. w.) aufgeführt wurden, welche uns von der Wirksamkeit der Blitzableiter überhaupt genügend überzeugten. Es möchte also vorläufig als eine Maassregel der Vorsicht angesehen werden, wenn nicht bloss die Auffangstange bei $G_{,}$ so lang gemacht wird, als die Grösse des beschränkten Wirkungskreises für eine grössere Länge des Daches $NF_{,}D_{,}$ es erfordert, sondern wenn auch trotzdem bei $F_{,}$ und $E_{,}$, im Falle selbst diese Punkte noch innerhalb der Wirkungssphäre liegen würden, noch mit kleinen Auffangstangen versehen werden, die unter sich und mit der Hauptauffangstange bei $G_{,}$ durch einen Leiter von der Dicke, wie sie die Hauptleitung erfordert, verbunden werden. Aehnliches möchte für $AD_{,}D$, den mittleren Theil des Gebäudes, angenommen werden dürfen, wobei es als rathsam erscheinen dürfte, eine Hauptauffangstange bei A und von solcher Länge anzubringen, dass ihr Wirkungskreis nicht bloss über diesen ganzen Theil, sondern auch noch gegen *NW.* und *SO.* sich erstreckt. Wenn man nicht aus Rücksicht für die Symmetrie die südöstlichen Blitzableiter ebenso anzuordnen für nöthig erachtet, wie auf dem nordwestlichen Flügel, so möchte bei F die passendste Stelle für die nächste Hauptstange sein, während das Anbringen kurzer Auffangstangen bei E und G nicht als unnöthig erscheint, deren Länge aber unter keinerlei Umständen die Grösse von 5 Fuss zu erreichen braucht. Was die Anzahl der Hauptleitungen hiebei betrifft, so erscheinen solche für $G_{,}$, A und F von der Dicke, wie sie mit Hülfe der oben (§. 30) angegebenen Regeln gefunden wird, für nothwendig, während die leitende Verbindung der sämmtlichen Nebenstangen einerseits mit $G_{,}$, dann der $B_{,}$ und B mit A, und der E und G mit F mit Leitern von derselben äquivalenten Dicke, wie bei den Hauptleitungen, metallisch verbunden werden müssen. Will man ausser den Hauptleitungen noch eine oder mehrere Nebenleitungen anbringen, so möchte diese weitere Vorsicht in keinem Falle andere Leiter erfordern, als solche, wie

sie für den Blitzableiterdraht von der Sorte *a* auf Seite 76 und 77 angegeben wurden. Das Verbinden der Nebenstangen mit den Nachbarleitungen hingegen, wie diess bei $E_, C_,$ und EC angedeutet wurde, erfordert keine dickeren Leiter als diejenigen, wie sie am Ende des §. 30 angegeben wurden. Die Hauptleitungen werden auf der West- und Südwest-Seite des Gebäudes herabgeführt, und sollen, wenn möglich, ihre Ausleitung in den Boden auf dieser Seite finden. Beim Herabführen der Leitungen $G_, W$, $AB_, C_, D_,$, FGS u. s. w. an der Façade soll zwar der kürzeste Weg eingeschlagen werden: hat aber die Leitung den gehörigen Querschnitt, und zwar den, der ihrer Länge entspricht, so ist ein Umweg, der hiebei durch besondere Umstände zuweilen veranlasst werden könnte, gar nicht von Belang.

Würde aber die vorliegende Figur ein Gebäude vorstellen, dessen Hauptfaçade nicht von West gen Süd zieht, so würde, wenn z. B. der Hauptzug der Gewitter- und Regenstürme von *M* gegen *L* ginge, die Distanz der Auffangstangen, sowie die Anzahl der Hauptleitungen sich nach der für den oben angegebenen beschränkteren Wirkungskreis aufgestellten Regel etc. richten dürfen, ohne dass dabei Nebenleitungen anzubringen nöthig wären.

Durch diese Beispiele wollte ich nur zeigen, wie man beiläufig verfahren müsste, um in einem vorkommenden Falle über die Zahl der Blitzableiter bezüglich des unter 1) am Ende des vorigen Paragraphen angegebenen Umstandes einigermassen entscheiden zu können. Es können daher diese Betrachtungen nicht als solche, die in allen Fällen maassgebend sind, angesehen werden, da man, wie erwähnt, noch viele andere Elemente dabei in Rücksicht zu bringen hat, und ausserdem nicht unerwähnt bleiben darf, dass bei frei stehenden, auf Anhöhen befindlichen und allen Luftströmungen ausgesetzten Gebäuden diese Rücksichten in erhöhtem Grade beachtet werden müssen.

Uebrigens möchte ich bei dieser Gelegenheit es nicht unterlassen, eine Bemerkung anzufügen, die sowohl für die vorliegenden, wie für die Betrachtungen in den folgenden Paragraphen nicht überflüssig sein dürfte. Bei der Bestimmung der Anzahl der Blitzableiter, mit denen ein Gebäude, um demselben den möglichst grössten Schutz gegen Blitzschläge zu gewähren, versehen werden soll, hat man nämlich die über den Wirkungskreis eines Blitzableiters angegebene Regel nur mit Vorsicht in Anwendung zu bringen. Hiebei dürfte es aber nicht als gerathen erscheinen, diese Vorsicht so weit zu treiben, dass man die Anzahl der Ableiter unnöthig vermehre. Wenn wir auch den Wirkungskreis eines Blitzableiters nicht kennen, so zeigen uns doch die vielfachen Erfahrungen, dass schon ein einziger Blitzableiter hinreichenden Schutz in vielen Fällen gewähren würde, wo wir deren mehrere einzurichten für rathsam halten, wenn nur bei der Construction und Anlegung desselben alle nothwendigen Maassregeln berücksichtiget worden sind. Es ist sogar bis jetzt keine einzige Thatsache aus der Geschichte der Blitzschläge aufzuweisen, welche über den unzureichenden Wirkungskreis irgend welchen Aufschluss zu geben geeignet wäre *. Wenn man

* Bei der Gelegenheit, wo die akademische Commission zu Paris im Jahre 1854 die oben (Seite 133) mitgetheilten Ansichten über die Wirkungssphäre der Blitzableiter ausspricht, will dieselbe aufs Neue die Aufmerk-

daher die Vorsicht so weit treiben wollte, dass sie sogar in Aengstlichkeit überginge, mit wie vielen Blitzableitern müsste man denn z. B. ein grosses Kriegsschiff etc. ausrüsten, um dasselbe gegen Blitzschläge zu sichern, da doch die Gefahr des Einschlagens an Objecten, die auf der offenen See sich befinden, weit wahrscheinlicher ist, als in den meisten bei unseren Bauwerken auf festem Lande vorkommenden Fällen? Und doch hat die Erfahrung schon vielfach nachgewiesen, dass oft ein einziger Blitzableiter ausreichend war, um eine grosse Kriegsflotte u. dergl. gegen Zerstörung durch den Blitz vollkommen zu sichern! — Man hat vielmehr bei der Anlegung der Blitzableiter das grösste Gewicht auf deren richtige Anordnung und Construction zu legen, und jede unnöthige Vermehrung ihrer Zahl, wo es die Vorsicht nicht ausdrücklich gebietet, zu vermeiden.

§. 38. Berücksichtigung der Ausdehnung eines Gebäudes u. s. w. bei Anlegung der Blitzableiter.

Um die hieher gehörigen Umstände berücksichtigen zu können, ist es vor allem nothwendig, eine Annahme über die Höhe der Auffangstangen zu machen, die dem Zwecke, den bisherigen Erfahrungen gemäss, als angemessen erscheint. Ich habe oben (Seite 93) die Dimensionen der Basis von Auffangstangen kleiner Länge, und von solchen bis zu 30 Fuss Höhe angegeben. Von den letzteren macht man jedoch nur äusserst selten, selbst bei den ausgedehntesten Gebäuden Gebrauch, und zieht es in der Regel vor, entweder den Blitzableiter mit einer langen und mehreren kurzen Auffangstangen an den verschiedenen Stellen des Daches zu versehen, oder bei grosser Ausdehnung des Gebäudes auf demselben mehrere Blitzableiter einzurichten, und diese unter sich leitend zu verbinden (siehe *Fig. 59*, Seite 139, und *Fig. 60*, Seite 142).

Die Grenzen, innerhalb welchen man die Länge der Hauptauffangstangen wählt, können etwa 10 Fuss bis 20 Fuss sein, ausserhalb dieser Grenzen dürften höchstens die Nebenstangen, die jedoch bis zu 3 Fuss herab in besonderen Fällen genommen werden können, gewählt werden.

Soll nun ein Gebäude mit Blitzableitern versehen werden, so wird, wenn die Rücksicht für andere Umstände es nicht verbietet, dasselbe nur eine Ableitung erhalten, wenn die grösste Ausdehnung des Daches nicht 80 Fuss erreicht. Man kann hiebei entweder die Auffangstange auf dem höchsten

samkeit auf ausreichende Beobachtungen über die Wirkungsweise des Blitzes (*aux effets de la foudre*) lenken. Dort heisst es nun unter Anderem: „*On connait, il est vrai, un grand nombre, malheureusement un trop grand nombre d'exemples de personnes tuées ou de maisons incendiées; on connait aussi des exemples très-divers de métaux fondus, de charpentes brisées, de pierres ou même de murailles transportées au loin, enfin beaucoup d'autres effets analogues; mais ce qui manque, en général, ce sont des mesures précises relatives aux distances, aux dimensions, aux positions des objets, soit des objets atteints, soit de ceux qui ne le sont pas: car il faut connaître aussi bien ce que le tonnerre épargne que ce qu'il frappe. C'est à tous les observateurs, et particulièrement aux officiers de la marine, de l'artillerie et du génie, aux professeurs, aux ingénieurs, aux architects, qu'il appartient de bien constater ces phénomènes au moment même où il se produisent, et de les bien décrire, au profit de la science comme au profit de l'économie publique. De telles descriptions, quand elles se rapportent à un coup de foudre, doivent, autant que possible, indiquer les traces de la foudre à son point le plus haut et à son point le plus bas, ensuite, par des sections horizontales bien repérées et assez multipliées, faire connaître les positions relatives de tous les objets dans un cercle assez étendu autour de ceux qui portent la marque de son passage.*“

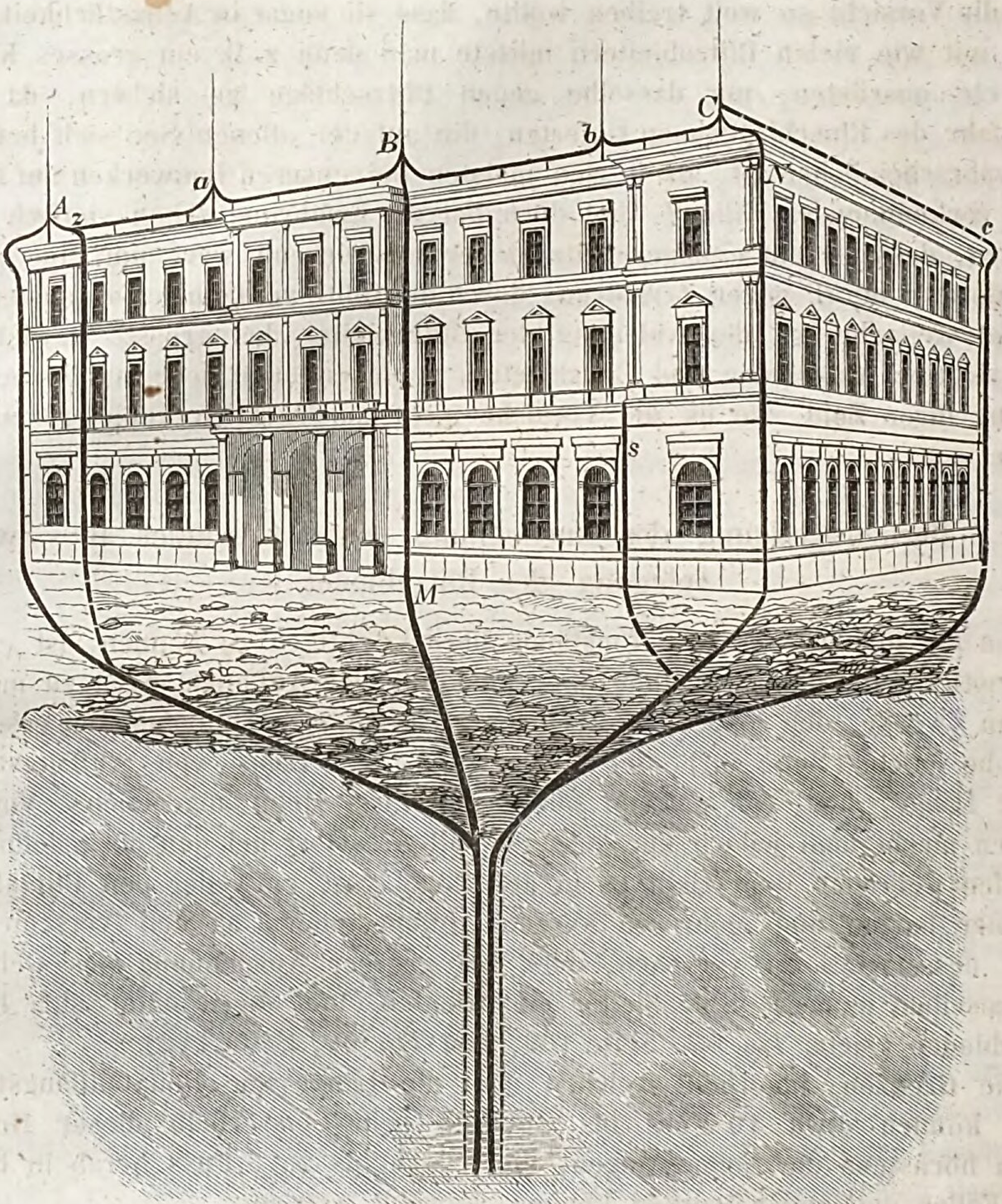


Fig. 60.

Punkte, und zwar auf der Mitte der First errichten und ihr eine Länge von 20 Fuss geben, und von hier aus die Ableitung nach der günstigsten Richtung hin an einer Mauerwand in den Boden ausleiten, oder man kann an den Enden der Firste zwei Auffangstangen, jede von 10 Fuss Länge, anbringen, von diesen sodann Leitungen bis zu einer passenden Stelle am Dache (wie diess in *Fig. 60* an der äussersten Façade rechts durch die gestrichelte Linie *cC* und durch *CN* angedeutet ist, und ebenso in der nachfolgenden *Fig. 62*, wo Thurm und Kirche nur eine Ableitung haben) gehen lassen, von wo aus nun die Hauptleitung in den Boden geführt wird. Man könnte auch das Gebäude mit drei Auffangstangen versehen, und wie für *a*, *B* und *C* (*Fig. 60*) eine einzige Hauptleitung *BM* dem Blitzableiter geben. Hiebei kann die mittlere Stange als Hauptauffangstange betrachtet werden, und eine Länge von etwa 12 Fuss erhalten, während jede der beiden anderen Nebenstangen 8 bis 10 Fuss lang genommen werden kann.

Die Zuleitungen von *a* und *b* aus nach *B* müssen dann jedenfalls einen Querschnitt erhalten, welcher dem der Hauptleitung äquivalent ist.

Hat das Gebäude eine grössere Ausdehnung, so errichtet man auf dem Dache nur so viel Auffangstangen (wenn nicht andere Umstände mit in Rücksicht zu bringen sind), dass für jede der Wirkungskreis das Zweifache ihrer Länge von der Befestigungsstelle aus wird. Hiebei kann man (*Fig. 60*) je zweien Auffangstangen eine gemeinschaftliche Hauptleitung geben, und wenn die im vorigen Paragraphen gemachten Erörterungen es erfordern, noch eine Ableitung mehr (wie die bei *A* in der vorliegenden Figur) anbringen. Uebrigens reicht, wenn nur die Ausdehnung des Gebäudes allein zu berücksichtigen ist, für je drei Stangen eine gemeinschaftliche Hauptleitung jedesmal aus. Die sämmtlichen Stangen müssen unter sich leitend verbunden sein; hiebei muss jede Nebenstange mit mindestens einer Hauptstange durch einen Leiter verbunden sein, der an Dicke dem Durchmesser der Leitung äquivalent ist, während die übrigen Verbindungen durch Drähte, deren Querschnitte (Seite 86) angegeben wurden, vollzogen werden können. [In der beistehenden *Fig. 60* sind die Leitungen bloss deshalb an den Oberflächen der Mauerwände angedeutet worden, um sie in der Zeichnung sichtbar zu machen. In der Wirklichkeit aber nehme ich an, dass bei steinernen Gebäuden die Leitung ihre Führung entweder in der Mauer selbst, oder durch vorstehende Backsteine u. dergl. (wie auf Seite 107 diess auseinandergesetzt wurde) erhält.]

Ist ein Gebäude aus mehreren Theilen zusammengesetzt, von welchen einer oder mehrere Theile das Gebäude weit überragen, so kann man die Zahl der Auffangstangen und Ableiter oft auf eine kleine Zahl reduciren, wenn die übrigen Umstände (§. 36) dabei nicht besonderen Einfluss ausüben, und dabei also nicht zu berücksichtigen sind. Solche Fälle treten ein: bei Kirchen, die mit hohen Thürmen versehen sind, bei ausgedehnten, mit Thürmen versehenen Gebäuden, bei industriellen und Fabrik-Gebäuden, die mit sehr hohen Rauchfängen versehen sind etc. — Ich beschränke meine Betrachtungen nur auf einige Beispiele für Kirchen, sie mögen dann für andere der hier erwähnten Zwecke in ähnlicher Weise ihre Anwendung finden können.

Ist eine Kirche mit mehreren Thürmen versehen, so muss (wie in *Fig. 61*, Seite 144) auf jedem der Thürme eine eigene Auffangstange errichtet werden, die nach der Einrichtung des Thurmes von grösserer oder kleinerer Länge sein kann. Die Anlegung von mehr als einer Hauptleitung für jeden Thurm selbst erscheint als überflüssig. Jedoch ist es nothwendig, die Kirche mit eigenen Blitzableitern zu versehen. Die Zahl der Ableiter, mit denen die Kirche zu versehen ist, richtet sich zwar im Allgemeinen nach denselben Umständen, wie für ein anderes Gebäude; da aber angenommen werden kann, dass die Blitzesentladungen mit grösserer Wahrscheinlichkeit gegen die Thürme, als gegen die viel niederen Kirchengebäude eintreten werden, so ist für die Kirche, wenn ihre grösste Ausdehnung die Höhe des Thurmes, von der Firste des Kirchendaches an gerechnet, nicht erreicht, niemals mehr als ein einziger Blitzableiter nothwendig. Hiebei ist, wenn nicht die im vorigen Paragraphen berührten Umstände dagegen sprechen, es ausreichend, eine einzige Auffangstange am Kreuze eines

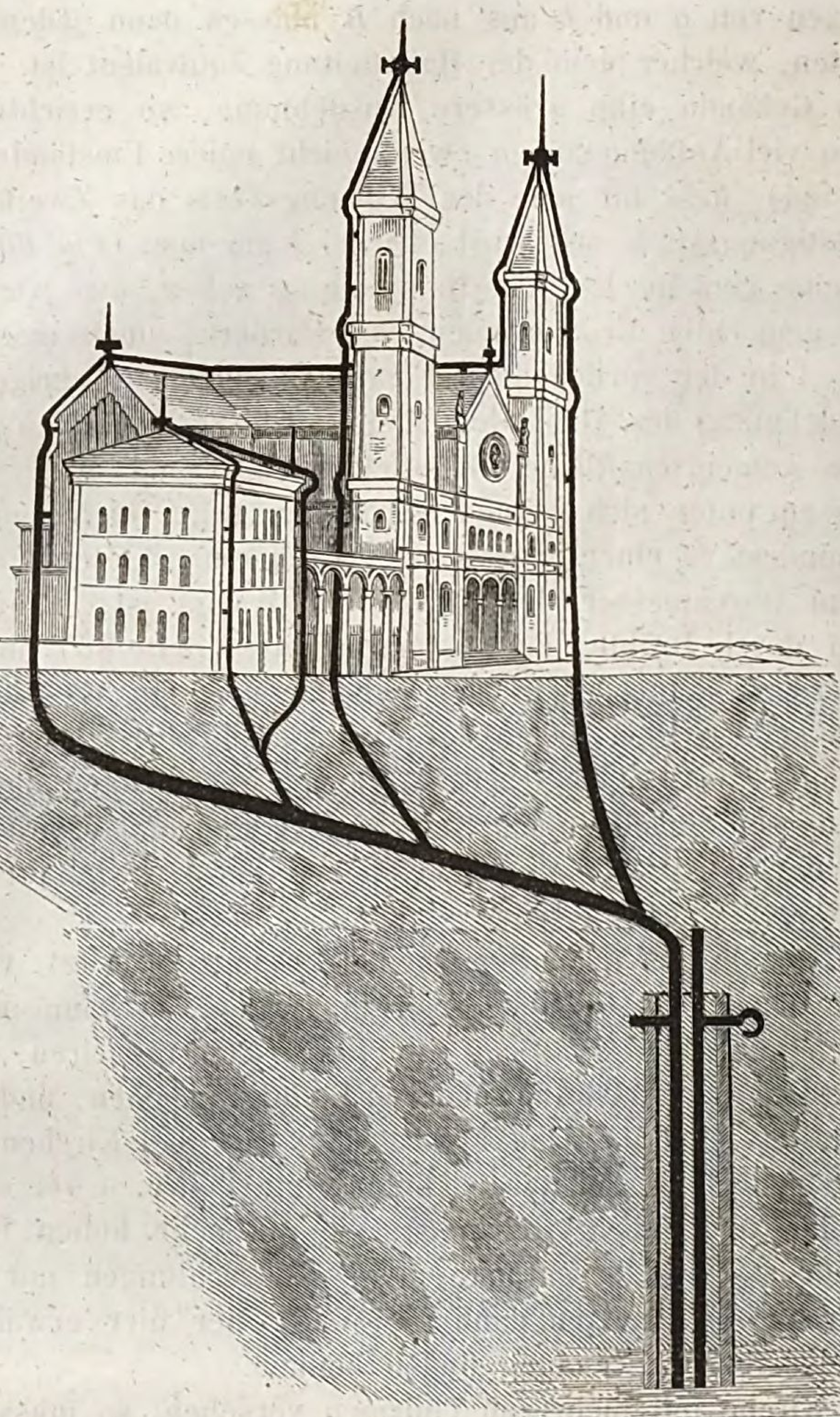


Fig. 61.

Giebelendes des Kirchendaches etc. anzubringen, und ausserdem, wie diess in *Fig. 62* (Seite 145) angedeutet ist, nothwendig, den Blitzableiter der Kirche mit dem des Thurmes in gehöriger Weise leitend zu verbinden. Ist die Kirche von grösserer Ausdehnung (*Fig. 61*), so hat man die Anzahl ihrer Auffangstangen auf zwei oder drei zu vermehren, und eine der letzteren noch mit einer weiteren Hauptleitung zu versehen, im Uebrigen aber die in §. 37, sowie in den nachfolgenden Paragraphen erwähnten Umstände gehörig in Erwägung zu bringen.

Die Gruppirung der Theile eines Gebäudes kann zuweilen von der Art sein, dass es nicht bloss nach der Richtung der Länge, sondern auch nach der Tiefe eine Ausdehnung hat, welche den Schutz durch Blitzableiter, die an der Hauptfaçade angebracht sind, als unzureichend erkennen lassen. In solchen Fällen wird man (wie in *Fig. 60*) vor allem vier Ableiter an den Ecken des

Gebäudes herabführen, und je nach der Ausdehnung der Façaden, sowie der Form der Gruppe noch einzelne Blitzableiter von der Mitte der Dachfirste aus auf beiden Seiten des Gebäudes herabführen (*Fig. 60* und *Fig. 63*, Seite 146. In *Fig. 63* sind die Stellen, wo Auffangstangen sich befinden, durch längere und kürzere Pfeile markirt). Kleine Nebengebäude, die von dem Hauptgebäude getrennt sind, sollen mit einem eigenen Blitzableiter versehen werden, dessen Auffangstange nicht unter 8 Fuss lang ist, und die, wenn andere Umstände es zulassen, in der Mitte der Dachfirste angebracht ist.

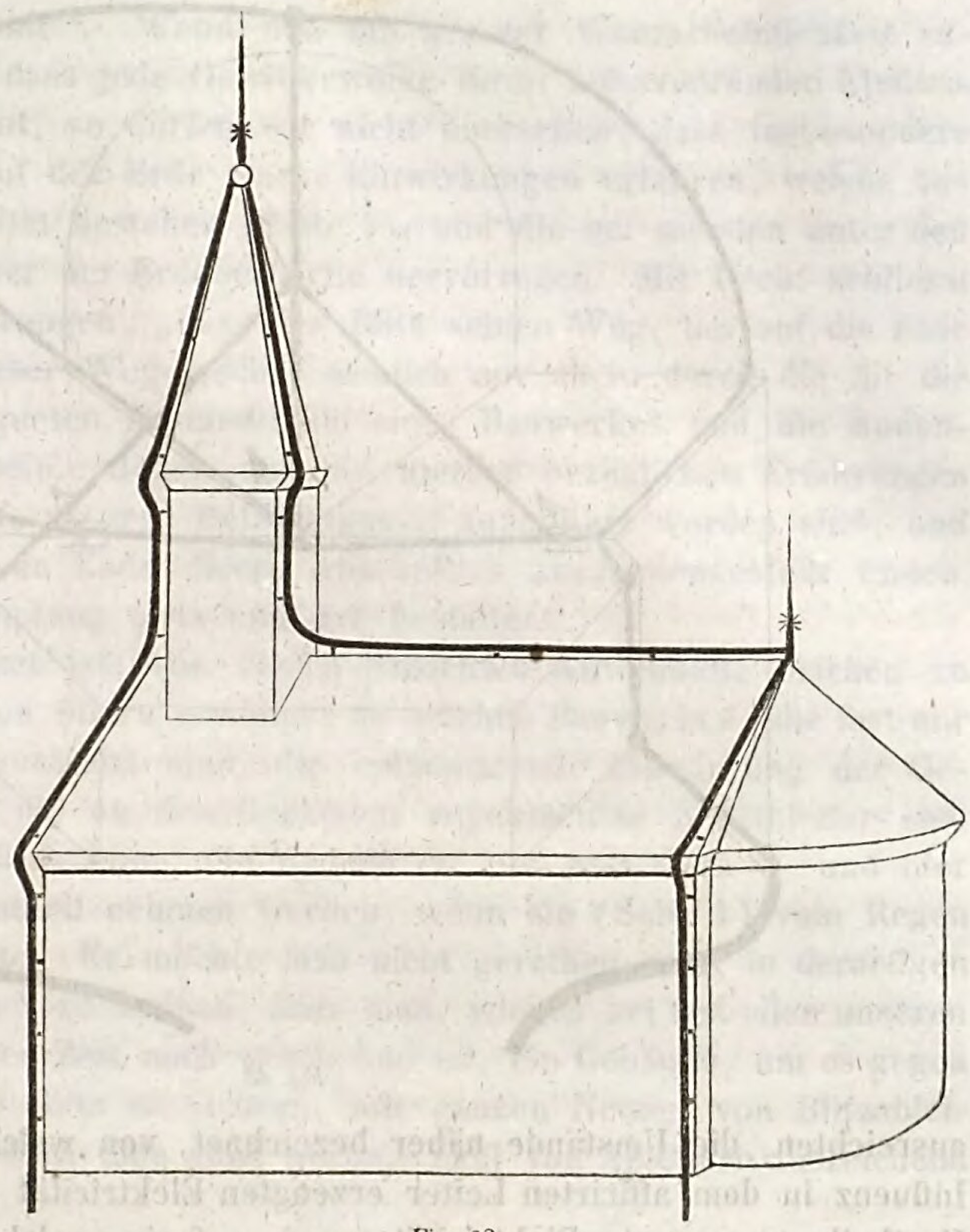


Fig. 62.

Das, was bis jetzt für ausgedehnte Gebäude angegeben wurde, gilt auch für ganze Häusergruppen, die wie bei städtischen Gebäuden aneinander gebaut sind. Für solche Häuserreihen ist es oft möglich, mittelst einer Hauptauffangstange und einigen wenigen Nebenstangen, wenn man auf etwa drei Stangen eine Hauptleitung nimmt, eine befriedigende Beschützung herzustellen. Ist ein Gebäude oder eine Häusergruppe mit Pavillons versehen, so werden auch diese zur Aufnahme von Blitzableitern gewählt, die mit den übrigen Ableitern in gehörige Verbindung gesetzt werden.

§. 39. Berücksichtigung der Materialien, welche bei der Construction des Bauwerkes verwendet worden sind.

Um in Kürze das hier andeuten zu können, was ohne Betrachtung specieller Fälle von ausgeführten Bauwerken in Betracht kommen muss, ist es nothwendig, wieder auf die Art und Weise, wie wir uns die Einwirkung der Gewitterwolken auf irdische Objecte gewöhnlich vorstellen, vor allem hinzudeuten. In §. 4 und §. 5 wurde gezeigt, wie wir die Einwirkung eines elektrisirten Körpers auf L e i t e r, die dieser Einwirkung ausgesetzt sind, uns vorzustellen haben, und dort wurden, so weit theoretische Anhaltspunkte hiefür

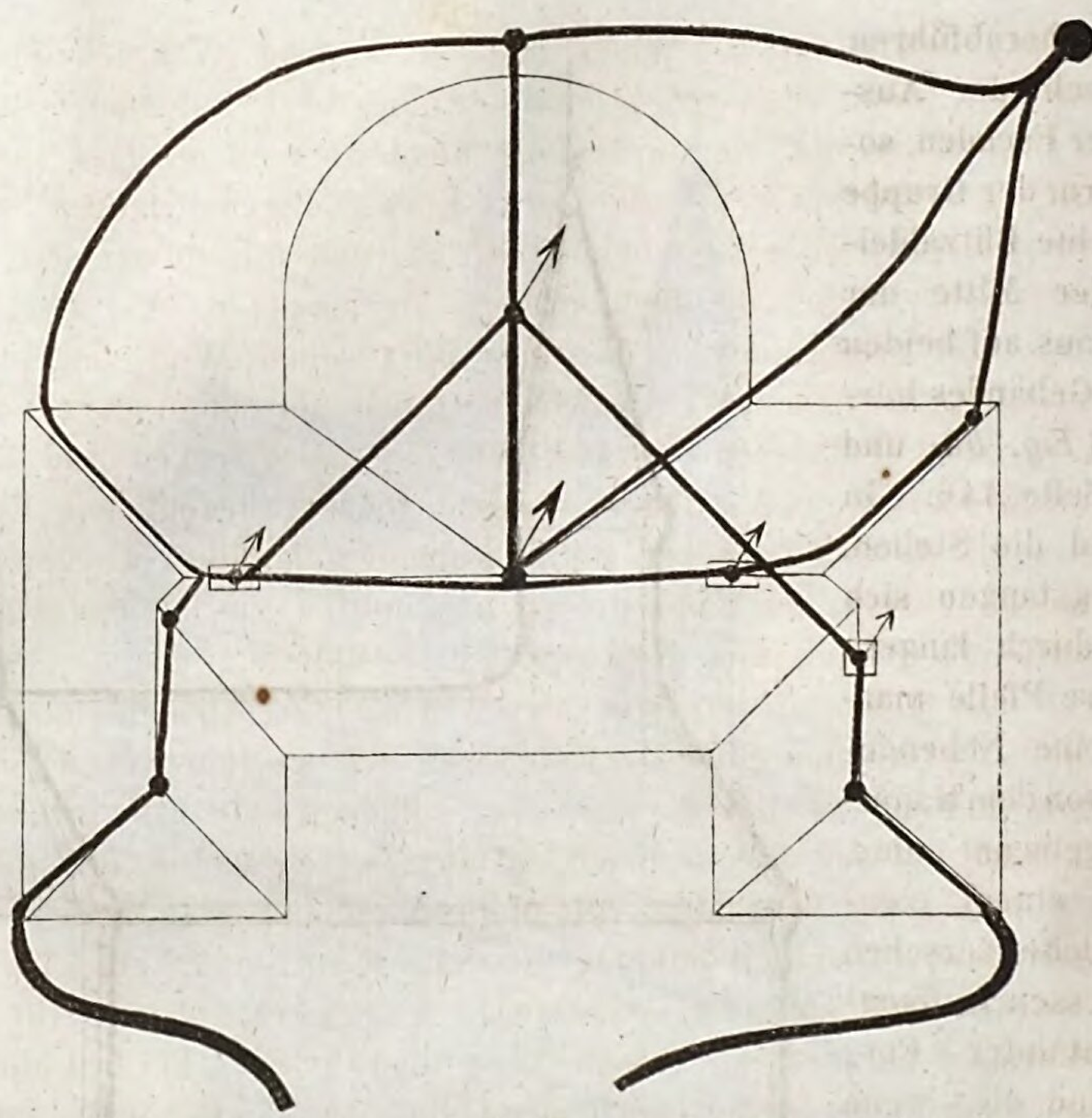


Fig. 63.

ausreichten, die Umstände näher bezeichnet, von welchen die Menge der durch Influenz in dem afficirten Leiter erzeugten Elektricität abhängig ist. Diese durch Vertheilung erzeugte Elektricitätsmenge auf eine solche Weise zur Ausgleichung zu bringen, dass sie keinerlei schädliche Einwirkungen, ja nicht einmal eine wahrnehmbare Temperaturerhöhung hervorzubringen vermag, ist sodann der eigentliche Gegenstand unserer speciellen Betrachtungen in den weiteren Erörterungen hierüber gewesen. Das, was nun in den eben erwähnten Grundlehren zur Sprache gekommen ist, kann bei den vorliegenden Fragen ganz und gar seine Anwendung finden. Für diese erscheint uns die Gewitterwolke als elektrisirter Körper, der durch Influenz auf unsere Bauwerke einwirkt. Diese Einwirkung hängt unter Anderem (siehe S. 8 und S. 9) von der gegenseitigen Lage und Entfernung der Gewitterwolke und des irdischen Objectes ab. Obgleich wir über diese gar nichts anzugeben im Stande sind, so zeigen uns doch die vielen Thatsachen über stattgehabte Blitzschläge, dass die Entfernung, auf welche Gewitterwolken influencirend einwirken, oft beträchtlich gross sein kann, da ja diese Einwirkung mit der Ausdehnung des elektrisirenden Körpers und mit seiner Elektricitätsmenge in geradem Verhältnisse zunimmt, und die Ausdehnung bei Gewitterwolken an ihrer Oberfläche nicht etwa nach Quadratfussen geschätzt werden kann, sondern in den meisten Fällen in vielen Quadratmeilen ausgedrückt werden dürfte (von denen jede mehr als 600 Millionen Quadratfusse enthält), während sie allerdings in manchen Fällen keine so grosse Ausdehnung zu haben scheinen, aber selbst dann noch ihre Einwirkung auf bedeutende Entfernungen

nachgewiesen werden könnte *. Wenn nun mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, dass jede Gewitterwolke ihren influencirenden Einfluss auf irdische Objecte ausübt, so dürfen wir nicht übersehen, dass insbesondere nur solche Gegenstände auf der Erde starke Einwirkungen erfahren, welche aus guten Leitern der Elektricität bestehen (Seite 4), und die am meisten unter den angrenzenden Objecten über der Erdoberfläche hervorragen. Mit Recht schliesst man daher aus den Erfahrungen, „dass der Blitz seinen Weg, um auf die Erde zu gelangen, kenne“; dieser Weg möchte nämlich nur allein durch die für die Influenz am meisten geeigneten Bestandtheile eines Bauwerkes und die Bodenbeschaffenheit bestimmt sein. Gehen wir die hierauf bezüglichen Erfahrungen durch, wie sie im Verlaufe unserer Betrachtungen aufgeführt worden sind, und deren wir noch mehrere am Ende dieses Abschnittes zusammengestellt finden, so finden wir diese Behauptung ganz und gar bestätiget.

Wenn es also gestattet ist, von diesen Ansichten Anwendung machen zu dürfen, so kann, wie schon öfters erwähnt, an solchen Bauwerken, die fast nur aus schlechten Leitern construirt sind, die influencirende Einwirkung der Gewitterwolken fast nur auf die an den Gebäuden angebrachten Blitzableiter sich erstrecken, während die Bedachung, die Mauern etc. etc. erst dann — und hier nur einen geringen — Antheil nehmen werden, wenn sie (Seite 4) vom Regen durchnässt worden sind etc. Es möchte also nicht gerathen sein, in derartigen Fällen, die Vorsicht so weit zu treiben, dass man, wie es bei fast allen unseren Bauwerken aus der neueren Zeit noch geschehen ist, ein Gebäude, um es gegen Beschädigungen durch den Blitz zu sichern, mit ganzen Netzen von Blitzableitern etc. umgibt, wo zuweilen eine ganz geringe Zahl von Ableitern ausreichend gewesen wäre [48].

Hingegen sind die Verhältnisse ganz andere, wenn bei der Construction des Bauwerkes Materialien verwendet worden sind, die zu den besten Leitern für Entladungsströme gehören, und die in grosser Ausdehnung am Gebäude vorkommen, wie z. B. metallene Bedachungen, eiserne Dachstühle, Traufrinnen aus Kupfer oder Zink etc., die am Dache des Gebäudes das letztere umgeben, eiserne Tragsäulen etc. etc. Es ist keinem Zweifel zu unterwerfen, dass in diesem Falle das ganze Gebäude mehr oder weniger an der influencirenden Einwirkung der Gewitterwolken selbst Antheil nimmt, und aus diesem Grunde ist es auch nothwendig, dasselbe, in so weit seine Bestandtheile es erfordern, selbst zu einem Theile des Blitzableiters zu machen. In einem solchen Falle handelt es sich weniger darum, den Wirkungskreis einer Auffangstange mit dem dazu gehörigen Blitzableiter zu kennen; man darf vielmehr die oben (§. 35) aufgeführte Regel ohne Bedenken in Anwendung bringen, ohne dabei die Zahl der Auffangstangen unnöthig zu vermehren. Aber genaue Kenntniss sollte man von der

* Bei dieser Gelegenheit mag es von Interesse sein, die Erfahrungen und Ansichten unserer älteren Physiker zu hören. Ich möchte daher einstweilen nur das, was Hemmer (a. a. O.) unter Anderem hierüber bemerkt, hier vorführen. Dort heisst es nämlich: „Je mehr die Wetterwolke mit Elektricität geladen ist, desto stärker und ausgebreiteter sind ihre Dunstkreise, welche sich bisweilen so weit erstrecken, dass Derjenige, der sich mit ihrer Untersuchung nicht abzugeben pflegt, es sich kaum vorstellen kann. Ich habe mehr als einmal gefunden, dass sie sich weit über eine Meile Weges in wagrechter Richtung ausdehnten, und selbst bis an die Erde herabzogen“.

Elektricitätsmenge, die hier zur Ausgleichung gebracht werden soll, haben, um darnach die Dicke der Leitung bestimmen zu können; denn in einem Falle, wie der vorliegende, wächst die Menge der Influenzelektricität mit der Ausdehnung der Metallmassen, die am Gebäude sich befinden. Da uns aber theoretische Grundlagen hierüber niemals genügende und bestimmte Aufschlüsse zu liefern vermögend sein werden, und Thatsachen über derartige Umstände nur solche vorliegen, welche die Berücksichtigung derselben als nothwendig erscheinen lassen, ohne dass sie genaue Anhaltspunkte über die Construction der Blitzableiter zu geben vermögen, so muss man sich jedenfalls mit annähernden Bestimmungen begnügen. Ausserdem ist es nicht möglich, selbst nur über solche annähernde Bestimmungen erschöpfende Darlegungen zu geben, wenn nicht das Bauwerk bekannt ist, für welches die Blitzableiter gehören sollen. „Es ist nämlich in einem jeden derartigen Falle immer nothwendig, die detaillirten Bestimmungen an Ort und Stelle unter Berücksichtigung aller dabei vorkommenden Umstände gehörig in Erwägung zu bringen, um darnach die Anordnungen treffen zu können.“ — Im Allgemeinen aber lassen sich einige Anhaltspunkte geben, die man bei Beurtheilung einer derartigen Aufgabe als maassgebend betrachten dürfte. Ehe diese zur Erwähnung kommen, will ich das Urtheil der akademischen Commission vom Jahre 1854 über die Anordnung der Blitzableiter an dem Industrie-Ausstellungs-Pallast zu Paris vorführen, wogegen ich aber jene Anordnungen, die mir an ausgeführten Gebäuden dieser Art durch den Augenschein bekannt geworden sind, und die keineswegs einen Beitrag zu der gegenwärtigen Besprechung zu liefern vermögend sein dürften, nicht zur Erwähnung bringe. Der Ausstellungs-Pallast zu Paris für 1855 ist zum grössten Theile aus Eisen aufgeführt; er wird von mehreren hundert gusseisernen Säulen getragen, die mit der Mauer nicht in Zusammenhang stehen. Das Hauptgebäude hat eine Länge von 250 Meter (770 Par. Fuss), eine Breite von 100 Meter (308 Fuss), ohne die Pavillons, welche ausserhalb und an den vier Façaden sich befinden. Die Dachbinder dieses grossen gusseisernen Gerippes sind 8 Meter von einander entfernt, und stehen durch Pfetten in Form von Eisenbahnschienen, durch Stangen und Streben in Verbindung. Die Centralgallerie hat eine Breite von 25 Meter (76 Fuss), und die daran anstossende und sie umschliessende rectanguläre Gallerie nur eine Breite von 28 Meter (84 Fuss). Das Constructionssystem gestattete nicht, den Auffangstangen eine grössere Höhe als 6 bis 7 Meter (18,4 bis 21,5 Fuss) zu geben. Diese wurden auf die Spitze der Dachbinder gesetzt, und zwar in der Entfernung von je drei Bindern zu 24 Meter von einander angebracht. Hiernach erhielt die rectanguläre Gallerie *30*, die Centralgallerie 9 oder 10 Blitzableiter, und die Vertheilung derselben auf den einzelnen Pavillons musste sich nach der Ausdehnung der letzteren richten. Die weitere Anordnung nun, welche die Commission vorschlug, ist jedenfalls neu (wenngleich Beccaria schon im vorigen Jahrhunderte eine ähnliche Idee einmal geäussert hatte), und soll daher mit den eigenen Worten ihres Referenten hier angegeben werden: „*Un grand conducteur commun sera établi dans toute la longeur du chaîneau* (Traufrinne) *qui fait le tour de la galerie centrale, ayant ainsi 500 mètres* (1539 Par. Fuss) *de développement; il sera formé avec du fer portant 8 ou*

9 centimètres carrées de section, et métalliquement continu. Chaque paratonnerre sera muni d'un conducteur particulier qui viendra se souder au conducteur commun. Enfin le conducteur commun lui-même sera mis en communication avec le sol au moyen de quatre puits, au moins, qui seront creusés vers les quatre angles du rectangle ou vers les milieux des côtés, et qui devront être assez profonds pour avoir toujours 1 mètre d'eau*" etc. In welcher Weise die Ausleitung hiebei angeordnet wurde, ist schon oben (Seite 120) in Erwähnung gekommen. — Diese Anordnung ist zwar hauptsächlich durch die Bauart des Industrie-Pallastes veranlasst worden; es unterliegt aber keinem Zweifel, dass man auch mit dieser Einrichtung bezwecken wollte, die Einwirkung der Gewitterwolken auf die Blitzableiter grösser zu machen, als die gegen die metallenen Bestandtheile des Bauwerkes. (Der theilweise hieher gehörige Vorschlag einer wirklich für die damalige Zeit musterhaften Einrichtung eines Blitzableiters für die Kathedrale zu Strassburg im Jahre 1780 wird unten seine Erwähnung finden.)

Wenn es sich also um die Anlegung von Blitzableitern für Metallgebäude handelt, oder solche, bei denen als Baumaterial vorzüglich Metalle verwendet worden sind, so hat man die Zahl der Blitzableiter bedeutend gegen die bei anderen Gebäuden zu vermehren, und dabei den Querschnitt der Leitung entsprechend zu vergrössern, wenn man nicht das Gebäude selbst in die Leitung einschalten will. Bei metallenen Bedachungen möchte übrigens letzteres immer angehen, wenn die Metallplatten, aus denen die Bedeckung zusammengesetzt wird, nicht so, wie es meines Wissens gewöhnlich geschieht (und bei *a*, *Fig. 64*, angedeutet ist), wo die Endflächen bloss umgebogen und über einander gelegt werden, sondern diese Endflächen, sei es

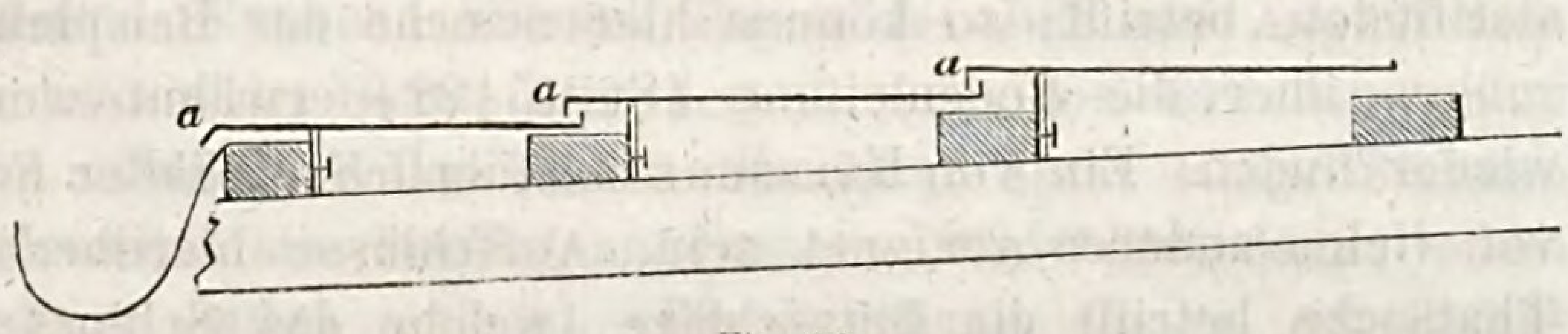


Fig. 64.

durch dazwischen gelegte Zinkplatten etc. etc. oder durch Vernieten **metallisch** mit einander in Verbindung gebracht werden, wobei es also auch nothwendig sein würde, einzelne Stellen dieser Stossflächen vor ihrer Vereinigung an den zugekehrten Seiten metallisch zu reinigen. Ist die Bedachung von dieser Art eingerichtet, und man setzt die Auffangstangen durch ihre Träger mit dem Dache selbst in leitende Verbindung, so reicht es aus, von den Ecken des Daches selbst, so wie bei ausgedehnten Gebäuden noch ausserdem von der Mitte eines jeden Dachrandes aus die Hauptleitungen ausgehen zu lassen, und diese in gehöriger Weise mit der Erde in Verbindung zu setzen[49]. Was aber den Querschnitt dieser Leitungen betrifft, so soll sich derselbe bei Gebäuden der genannten Art nicht nach der Länge einer einzigen derselben richten, sondern

* Wenn diese gemeinschaftliche Hauptleitung, welche nach der Richtung der Traufrinnen um die Centralgallerie sich erstrecken soll, nicht mit den Traufrinnen selbst in metallischer Verbindung stehen würde, wodurch also der Querschnitt dieses Conductors bedeutend vergrössert wird, so könnte die Grösse seines Querschnittes von 3 Centimeter (13,3 Par. Linien) Durchmesser nicht ausreichen. Für die oben angegebene Länge ergibt sich schon der Durchmesser der eisernen Leitung gleich 2″ 5‴, wenn man die auf Seite 85 angestellten Betrachtungen hiebei benutzt.

derselbe soll vielmehr nach der Summe aus der Länge der ganzen Firste und der Länge von der Auffangstange bis zur Ausleitung in den Boden bestimmt werden. — Wollte man sich aber mit der Anwendung dieser Vorsichtsmaassregeln nicht begnügen, so müsste man die einzelnen metallenen Dachgebinde unter sich metallisch verbinden, und die äussersten derselben durch Zweigleitungen mit den nächst anliegenden Hauptleitungen in metallische Verbindung bringen. — Ruht das Gebäude auf eisernen Tragsäulen, so kann man die Hauptleitungen durch die entsprechenden Säulen führen, wenn die sonstigen Anordnungen es gestatten, die Ausleitung in die Erde dabei in gehöriger Weise (§. 34) bewerkstelligen zu können.

§. 40. Berücksichtigung der Bodenbeschaffenheit und der Umgebung des Gebäudes bei der Anlegung von Blitzableitern.

Es wurde im vorigen Paragraphen auseinander zu setzen gesucht, wie die an einem Bauwerke sich vorfindenden Anordnungen zuweilen die Bahn der Blitzesentladungen im Voraus vermuthen lassen können, und ich habe dabei vermieden, hiefür Thatsachen aufzuführen, welche schon bei anderen Gelegenheiten umfassend genug erörtert worden sind. — In noch weit höherem Maasse scheint jene Bahn durch die Bodenbeschaffenheit bedingt zu sein, und es mag gestattet sein, hierüber einige Erfahrungen unseren Betrachtungen voranzuschicken, obgleich dieser Gegenstand schon oben (Seite 68) berührt worden ist. Was vor allem den Einfluss des Bodens auf die Richtung, nach welcher die Entladung stattfindet, betrifft, so können hier manche der Beispiele, die bei den Erörterungen über die Bodenleitung (Seite 122) erwähnt wurden, ihre Anwendung wieder finden. Ein von Saussure ausführlich erzählter Fall dieser Art [50] möchte vor vielen anderen geeignet sein, Aufschlüsse hierüber zu verschaffen. Diese Thatsache betrifft die Blitzschläge, welche das Schloss Abere, fünf Meilen (?) von Genf entfernt, wiederholt heimsuchten. Dieses Schloss liegt mitten in einem schönen Thale am Anfange der Alpen, gegen Osten und Westen wird dasselbe von den sehr hohen Gebirgen beherrscht, und dennoch kamen innerhalb 55 Jahren sehr viele Blitzschläge vor, von welchen der im September 1781 die Schlosskirche fast gänzlich zerstört hatte. Die fast regelmässig in jedem Jahre eingetretene Wiederholung dieser Ereignisse würde das Schloss für die Sommermonate unbewohnbar gemacht haben, wenn nicht dasselbe mit Blitzableitern ausgestattet worden wäre. Saussure, unter dessen Leitung die Anlegung derselben vorgenommen wurde, untersuchte bei seiner Anwesenheit im Jahre 1783 zu Abere die letzten dort vorgekommenen Blitzschläge, aber bei näherer Nachforschung fand er auch die Ursache, welche das wiederholte Einschlagen des Blitzes hauptsächlich begünstigte: „Die Kirche und das Schloss standen nämlich an Stellen, die wenig über dem Boden des Thales erhaben sind, und es fanden sich dort viele unterirdische Quellen, die so wasserreich waren, dass man selbst in der trockenen Jahreszeit in der Tiefe von vier Fuss unter der Erde auf Wassermassen gelangen konnte.“ Hingegen bestand der übrige Theil des Thales aus trockenem Erdreich, dessen Grund grossentheils Felsenboden war. — Ebenso

wie einzelne Stellen einer Gegend der Gewitterentladung oft als günstig sich zeigen, so können auch grössere Strecken eines Landes aus ähnlichen Gründen den Blitzesentladungen häufiger ausgesetzt sein, als andere benachbarte Gegenden, und es wäre daher nicht unmöglich, dass wenn auch nicht die Entstehung (wie Manche vermuthen), doch wenigstens die Richtung von lokalen Gewittererscheinungen durch derartige örtliche Einflüsse theilweise bestimmt werden könnte.

Ausserdem könnte auch die sonstige Beschaffenheit des Bodens auf die Richtung etc. der Blitzesentladungen bestimmend einwirken, und es mögen ausser den Erörterungen, die früher (Seite 23) über Blitzröhren gemacht wurden, und die auf derartige Wirkungen hindeuten, die tief in den Boden sich erstreckenden Blitzesentladungen, wie solche von Reich aufgeführt werden [51], hiefür in Erwähnung kommen. — Wie gross dieser Einfluss auf Gewitterentladungen überhaupt (und vielleicht noch auf manche andere diese Frage betreffende Erscheinungen) werden kann, wenn der Boden ausgedehnte Erzmassen vergraben enthält, mag durch ein Beispiel beleuchtet werden, welches ich aus Arago's Abhandlung über das Gewitter entlehne [52]. Dort wird über eine Erscheinung berichtet, welche Vicat in dem Genuesischen im Jahre 1807 beobachtete. In der Nähe des Weilers Grondone befindet sich ein reiches Erzlager, in Gestalt eines Spitzberges, „der den Boden zu durchbohren scheint, um an hundert Fuss sich zu erheben". Die Höhe dieser Erzgrube über dem mittelländischen Meere „beträgt nahe ebenso viel, als die der Apenninenkette, weil sie nahe an dem Passe liegt, welcher die Wasserscheide zwischen dem mittelländischen und dem adriatischen Meere bildet". „Von den heissen Tagen des Juli und August vergeht nun fast keiner, wo sich nicht über der Gegend von Grondone eine elektrische Wolke bildet. Diese Wolke wächst allmählig, steht einige Stunden über der Eisengrube, als wäre sie daselbst angehangen, und blitzt dann, indem sie sich gegen das Erzlager selbst entladet. Die Bergleute wissen aus Erfahrung, wann es Zeit ist, ihren Ort zu verlassen, sie ziehen sich in einige Entfernung zurück und gehen nach der Entladung und gänzlichen Auflösung der Wolke wieder an ihre Arbeit." — Kann man nun Gebäude, die über ausgedehnten Wassermassen sich befinden oder die in der Nähe von Ufern, Küsten etc. angelegt werden, oder andere, die über erzreichem Boden zufällig erbaut sind, oder in deren Nähe nur überhaupt der Boden durch Körper, die in ihm angesammelt sind, ein guter Leiter etc. geworden ist, überhaupt durch Blitzableiter genügend gegen die Gewitterentladungen schützen? — Ich glaube, dass hierein kein Zweifel gesetzt werden darf, wenn man nur der Beispiele über die Sicherung der Schiffe durch den Blitz sich erinnert; eine genaue Kenntniss der Bodenbeschaffenheit ist aber in allen solchen Fällen unumgänglich nöthig.

Auch bei der Erledigung dieser Frage wird die Grösse des Wirkungskreises eines Blitzableiters wenig in Betracht kommen. Das was am wichtigsten hiebei zu beachten sein dürfte, möchte die Anzahl der Hauptleitungen sowohl, als auch die genügende Zahl von Ausleitungen in den Boden und die hinreichende Anzahl von Bodenleitungen sein. Wie gross aber die Zahl der Leitungen über und unter der Erde sein muss, die zum Schutze des Gebäudes angelegt werden

müssen, das hängt lediglich von den örtlichen Verhältnissen ab, die daher bei Lösung einer derartigen Aufgabe für jeden besonderen Fall gehörig in Erwägung gebracht werden müssen.

Was nun den Einfluss der Umgebung bei der Erledigung der vorliegenden Fragen betrifft, so beabsichtige ich nicht, auf die Einwirkung zufällig in der Nähe eines Gebäudes befindlicher Objecte hier einzugehen, und ebenso wenig will ich bei dieser Gelegenheit untersuchen, in wie ferne zuweilen ein Gebäude durch die Nähe eines anderen gegen Beschädigungen durch den Blitz geschützt werden könne; hier soll nur der Einfluss natürlicher Objecte kurz in Betracht gezogen werden.

Eine aus vielen Thatsachen schon aus den frühesten Zeiten hervorgegangene Meinung besteht darin, dass hohe Bäume, die ein Gebäude weit überragen, hinlänglichen Schutz für dasselbe darbieten, und als natürliche Blitzableiter angesehen werden können. Diese irrige Meinung hätte eigentlich schon durch nahe liegende Erfahrungen ihre Widerlegung finden können, denn es lässt sich geschichtlich nachweisen, dass bei weitem die grösste Anzahl von Unglücksfällen, welche durch Blitzschläge auf freiem Felde sich ereigneten, solche waren, wo sich die getroffenen Opfer in die Nähe von Bäumen flüchteten, um dort Schutz zu suchen. Es scheint aber dennoch nicht unnöthig, durch Thatsachen zu zeigen, dass Gebäude, die dem Schutze hoher Bäume gegen Blitzschläge anvertraut werden, ebenso wenig gesichert seien, als wenn die Bewohner der Gebäude an diesen Bäumen ihren Schutz zu finden glauben. Schon Toaldo hielt den Schutz solcher natürlichen Blitzableiter für zweifelhaft und gefährlich. Landriani, der diese Angelegenheit einer besonderen Betrachtung unterwirft, hebt einen Fall hervor, den er auf einem Hügel zu Montevechio zu beobachten Gelegenheit hatte. Dort standen nahe an einer Kirche zwei sehr hohe Ulmenbäume, deren ausgebreitete Aeste das Dach der Kirche umgaben und berührten. Innerhalb 17 Jahren kamen damals (1784) mehrere Blitzschläge zur Beschädigung des Thurmes und der Kirche vor, obgleich die vom Blitze beschädigten Orte nur höchstens 15 oder 20 Klafter von besagten Bäumen entfernt sich befanden. „Wenn nun die Bäume hinlängliche Ableiter gewesen wären, so hätten sie die Kirche beschützen müssen, besonders weil ihre Gipfel höher als das Kirchendach waren." — Ein ähnlicher Fall ereignete sich auf dem Landhause Saussure's zu Fontenee. Horaz B. Saussure hatte, um das Haus seines Vaters gegen Blitzschläge zu schützen, einen Blitzableiter über die Spitze zweier grossen Bäume errichten lassen, die mit ihren Gipfeln über das Hausdach reichten, an dem sie so nahe waren, dass sie mit ihren Aesten einen Theil desselben bedeckten. Später wurde das Haus von einem Blitzschlage getroffen, und die Entladung soll an einem Schornstein stattgefunden haben, der weniger hoch als der Blitzableiter hervorragte, und von diesem 100 Fuss entfernt war. (Es muss übrigens bemerkt werden, dass der Wirkungskreis hiebei zu gross angeschlagen war, und die Aeste mit der Zeit über die Spitze des Blitzableiters selbst hervorragten.) — Arago erzählt unter Anderem folgende Thatsache: „Am 2. September 1816 schlug der Blitz zu Conway in Massachusetts in ein Haus ein, und richtete grosse Verheerungen daselbst an. Und doch standen italienische

Pappeln von 60 bis 75 Fuss Höhe in der Nähe, und überragten mit ihren Gipfeln das Dach des Hauses um 30 bis 40 Fuss. Eine von den Pappeln war nur etwa 7 Fuss von der Stelle entfernt, an welcher der Blitz in das Mauerwerk einschlug. Von diesen Bäumen ward keiner getroffen." — Jedenfalls könnte also aus diesen wenigen Thatsachen geschlossen werden, dass Bäume als gefährliche Blitzableiter anzusehen sein müssen, wenn ein solcher Nachweis überhaupt noch nothwendig wäre. Andererseits aber dürfte die Behauptung als gerechtfertiget erscheinen, dass durch Einwirkung hoher Bäume die Ladung einer Gewitterwolke geschwächt werde. Arago sagt: „Wenn man sich auf das Zeugniss Derer bezieht, die grosse Waldstrecken kaufen und für die Tischler und Stellmacher ausschlagen, so werden die Bäume viel öfter, als man denkt, vom Blitze getroffen. Beim Zersägen zeigt sich eine Menge von Spalten und Rissen, deren erste Ursache ein Blitzstrahl gewesen sein mag." „Nach den Untersuchungen von Tristan, die an 64 verschiedenen und von Hagelschlag begleiteten Gewittern abgeleitet wurden, die innerhalb 26 Jahren in mehreren Theilen des Departements des Loiret, in der Nähe des Waldes von Orléans, bedeutenden Schaden anrichteten, soll diese Thatsache sich ebenfalls bestätigen." Ausserdem soll Tristan angegeben haben, dass ein Gewitter bedeutend geschwächt werde, sobald es über einen grossen Wald wegzieht. — (Die Erfahrungen für die Umgebung von München dürften auf ein ähnliches Ergebniss führen. Die über München wegziehenden Gewitter kommen in der Regel entweder aus West oder Südwest, und haben, bevor sie die Stadt erreichen, über bedeutende Waldstrecken etc. hinwegzuziehen. Obgleich die Zahl der Gewitter, die München berühren, beiläufig auf 25 im Mittel für das Jahr sich herausstellt, so kommen dennoch in der Stadt und selbst in jenen Vorstädten, die den Gewittern am meisten ausgesetzt sind, und wo man noch zuweilen einzelne Häuserreihen ohne Blitzableiter antreffen kann, äusserst selten Blitzschläge vor. Die einzigen Fälle, welche sich aus den letzten Jahrzehnten aufweisen lassen, wurden an hohen Pappelbäumen beobachtet, welche auf den Anhöhen der nordwestlichen Strassen der Stadt sich befinden, während die Spuren schwacher und geräuschloser Gewitterentladungen auf einzelnen unserer hohen Thürme nicht zu den Seltenheiten gehören.)

§. 41. Ueber die Nothwendigkeit, den Zweck des Gebäudes bei der Anlage der Blitzableiter zu berücksichtigen.

Unter den Bauwerken, für welche man Schutzmittel gegen Beschädigung durch Gewitterentladungen anzulegen für nöthig hält, gibt es solche, die in ihrem Innern mehr oder weniger leicht entzündbare Materialien aufbewahren, und andere, die für diesen Zweck ausschliesslich bestimmt sind. Hieher gehören insbesondere die Pulvermühlen, die Pulvermagazine und überhaupt alle militärischen Gebäude in Festungen, in so ferne einzelne Räume derselben, gewöhnlich solche an tiefsten Stellen, zur Aufbewahrung von Pulvervorräthen zuweilen benutzt werden müssen. Ausserdem dürften aber auch Fabrikgebäude, die für chemisch industrielle Zwecke bestimmt sind, in manchen Fällen hieher gezählt, und die

Etablissements, in welchen die Fabrikation des Leuchtgases vorgenommen wird, dürften dabei besonders hervorgehoben werden.

Für die Pulvermagazine etc. hält man eine grössere Vorsicht, wie für andere Gebäude insbesondere aus zwei Gründen für nothwendig. Der erste und zwar der Hauptgrund besteht darin, „dass aus dem Pulverstaube, der von dem geringsten Luftzuge fortgeführt wird, und sich auf allen Vorsprüngen innerhalb und ausserhalb des Gebäudes absetzt", eine wirkliche Gefahr entstehe. „Nehmen wir an (sagt Arago hierüber), ein Funke entstehe durch eine unmerkliche Unterbrechung der Continuität im Leiter, und entzünde den Pulverstaub, so wird das Feuer sich bis zu den Pulverfässern verbreiten können." Einen ähnlichen Grund zu einer grösseren Vorsicht gab die ältere französische Commission vom Jahre 1823 bei der Besprechung der Ableiter an Pulvermagazinen und Pulvermühlen an. — Als zweiten Grund kann man den nicht minder wichtigen Umstand anfügen, dass die inneren und untersten Gewölbe, die in einzelnen Festungswerken während der Belagerung als Magazine verwendet werden, mit dem Blitzableiter durch die Abfallröhren, welche zur Beseitigung des Regenwassers bestimmt sind, in indirecte leitende Verbindung treten könnten, wenn der Blitzableiter nicht vom Gebäude selbst isolirt eingerichtet wird.

Die Zahl der Erfahrungen, die aus älteren Zeiten über Unglücksfälle an Pulvermagazinen bekannt sind, und durch Blitzschläge herbeigeführt wurden, reichen aus, um diese Vorsicht, den Zweck der Gebäude nicht unberücksichtiget zu lassen, als begründet ansehen zu müssen. Einige dieser Fälle mögen daher hier aufgeführt werden dürfen.

„Am 18. August 1769 schlug der Blitz in den St. Nazarius-Thurm zu Brescia, unter welchem sich ein unterirdisches Magazin mit beiläufig 2000 Centnern Pulver, der damaligen Republik Venedig gehörig, befand. Diese ungeheuere Pulvermasse entzündete sich in demselben Augenblick. Der sechste Theil aller Gebäude der grossen und schönen Stadt Brescia wurde umgestürzt, die übrigen erlitten heftige Erschütterungen und drohten gleichfalls einzustürzen. Dreitausend Menschen verloren das Leben. Der ganze St. Nazarius-Thurm wurde in die Luft geschleudert, und fiel wie ein Steinregen zur Erde nieder. Bruchstücke fanden sich in ausserordentlich grossen Entfernungen; der materielle Schaden belief sich auf mehr als vier Millionen Thaler." — Zu Malaga entzündete der Blitz das Pulver in dem Magazin; das Gebäude wurde umgestürzt. „Die ganze Stadt würde sicherlich dasselbe Loos getroffen haben, hätte sie nicht einige Zeit zuvor ausgewirkt gehabt, dass der grösste Theil des Pulvers in entfernte Magazine geschafft wurde." — „Am 4. Mai 1785 entzündete ein Blitzschlag das Pulvermagazin zu Tanger. Das Magazin und die meisten umliegenden Häuser stürzten ein." — „Am 26. Juni 1807 sprengte der Blitz in Luxemburg ein sehr festes, schon von den Spaniern auf dem Felsen gebautes Pulvermagazin in die Luft, das mehr als 200 Centner Pulver enthielt. Gegen 30 Menschen fanden den Tod; verstümmelt oder schwer verwundet wurden mehr als 200. Die untere Stadt (der Grund) war ein Trümmerhaufen. Bis fast eine halbe Meile weit fand man sehr grosse Steine aus dem Magazin, welche die Explosion dorthin geschleudert hatte." — „Am 9. September 1808 schlug der Blitz in ein

Magazin für den Kriegsbedarf im Fort St. Andrea-del-Lido zu Venedig und sprengte es in die Luft. Die Explosion zerstörte eine Kaserne, eine anliegende Kapelle, eine Mauer des Halbmondes bis auf den Grund, und beschädigte in hohem Maasse die von den Kanonieren bewohnte Kaserne.“ — Diese Beispiele (welche ich aus triftigen Gründen hier zur wiederholten Kenntnissnahme aufführen zu müssen für rathsam hielt) führt Arago [52] insbesondere deshalb auf, um der schon oft gemachten Behauptung zu begegnen, vermöge welcher der Blitz bei seinem Einschlagen in Pulvermagazine den darin aufgeführten Kriegsbedarf „niemals entzünde“. Ausserdem aber gibt Arago zu, dass in gleichen Fällen der Blitz so seltsame Erscheinungen gezeigt habe, „dass man mit einigem Rechte sehr eigenthümliche Hypothesen aufstellen könnte“. Er führt deshalb zwei Beispiele auf, nämlich den Blitzschlag in das Pulvermagazin zu Maromme (in der Nähe von Rouen) vom 5. November 1755, wo damals 800 mit Pulver angefüllte Fässer sich befanden, und den bekannten vom 11. Juni 1775 in den Thurm des heil. Secundus zu Venedig (einen Pulverthurm), wo der Blitz seltsamer Weise nicht zündete, obgleich zu Maromme zwei mit Pulver angefüllte Fässer durch denselben in kleine Stückchen zerschlagen wurden, und zu Venedig die Pulverkästen durch die mechanischen Wirkungen umgeworfen worden waren. — Diesen sehr belehrenden Beispielen will ich einige Fälle anfügen, welche den Ansichten Arago's ganz und gar entsprechend sein dürften. „Im Jahr 1557 schlug ein Blitzstrahl in den Geisthurm bei Zürich. In dem Thurme war damals viel Pulver aufbewahrt, er wurde nicht gezündet, aber man wollte unmittelbar nach dem Einschlagen einen Rauchqualm bemerkt haben. Dieser feste viereckige Thurm stand auf der Höhe zwischen dem Oberdorfer und Linderthore innerhalb der Ringmauer, und war von seinem Fundamente an bis zum See etwa 90 Fuss entfernt; seine Höhe betrug beiläufig 115 Fuss. Derselbe Thurm wurde im Jahre 1652 wieder vom Blitze getroffen; hiebei wurde er aber in die Luft gesprengt. Die Masse Pulver, welche das Magazin enthielt, war 423 Centner.“ — „Im Jahre 1761 schlug der Blitz in das Forsthaus im Walde bei Nienburg (an der Weser), wo gleichzeitig auch sieben Eichen getroffen wurden. Die Entladung am Forsthause ging von dem am höchsten Punkte des Hauses befindlichen Kamin aus, und traf unter anderen Objecten, indem dieselbe mehrfach durch Mauern sich erstreckte, eine an eine Mauerwand angelehnte geladene Kugelbüchse. Nach dem Ereignisse fand man den Lauf an der Mündung zugeschmolzen, am Schlosse waren die Metalle geschmolzen, und im Kolben fand man sogar die fünf darin befindlichen Kugeln an einander geschmolzen, das Kugelpflaster abgebrannt; aber die Pulverladung blieb dabei ganz verschont.“ — „Am 27. Juni 1721 kamen Blitzschläge auf die sogenannte Nicolai-Schanze, westlich von Breslau, und trafen dabei das äusserste Schilderhaus. Der Soldat der Wache trat, als der erste Schlag vorüber war, aus dem Schilderhause auf die südliche Seite desselben, und hielt mit einer Hand dabei das Gewehr im Schilderhaus zurück. Beim zweiten Blitzschlage wollte er den Donner gehört, aber sonst nichts mehr vernommen haben; denn er wurde hiebei zu Boden geworfen, blieb einige Zeit besinnungslos, und die Folgen des Schlages brachten ihm noch längere Zeit andauernde körperliche Uebel bei. Bei näherer

Untersuchung des Schilderhauses fand man, dass der Blitz durch dasselbe von oben eingeschlagen war, das Gewehr getroffen, und aussen am Schilderhause in dem Boden seine Ausladung fand: die Ladung des Gewehres aber fand man hiebei losgebrannt, und die Spuren derselben wurden am Gesimse des Schilderhauses entdeckt“ [54].

Nachdem jetzt einige Fälle vorgeführt wurden, welche geeignet sind, den ersten der oben angegebenen Gründe gehörig würdigen zu können, so sollen nun einige andere Ereignisse zur Sprache kommen, welche an Pulvermagazinen vorkamen, die mit Blitzableitern versehen waren, und deren Beschaffenheit nach dem Blitzschlage untersucht werden konnte.

Ein Ereigniss, das seiner Zeit viel Aufsehen erregte, war der Blitzschlag auf das Gebäude des Artilleriecollegiums zu Purfleet. Dieses Gebäude wurde nämlich bei Gelegenheit der Einrichtung der Blitzableiter für die Pulvermagazine durch die hiefür angeordnete Commission (im Jahre 1772), von welcher Franklin selbst Mitglied war, einer besonderen Berücksichtigung empfohlen. Bei der Ausführung der von der Commission hiefür gemachten Anordnungen scheint aber Manches übersehen worden zu sein, denn schon am 15. Mai 1777 wurde jenes Gebäude durch eine Gewitterentladung heimgesucht. Dasselbe gehörte zu den fünf grossen Pulvermagazinen, und lag in der Nähe eines grossen Hügels. Aus einer von Südwest gegen Nordost sich bewegenden Wolke soll die Entladung zunächst gegen eine eiserne Klammer an der Ringmauer des Daches erfolgt sein, die etwa 46 Fuss von der Auffangstange entfernt war. Die Blitzesentladung ging auf eine 7 Zoll davon entfernte Bleirinne, und von hier in die Bodenleitung, ohne weiteren Schaden anzurichten. Die Commission, welche dieses Ereigniss näher zu untersuchen hatte (bestehend aus Henly, Lane, Nairne und Planta), erklärte, dass die Spitze des Ableiters untauglich war, und dass die Leitung Unterbrechungsstellen hatte, und die hierauf bezüglichen Anordnungen versetzten den Blitzableiter erst in den Zustand, welcher schon im Jahre 1772 anbefohlen wurde [55]. — Am Abend des 7. Mai 1782 wurde eines der Pulvermagazine am Galgenberg bei Grossglogau (Schlesien) von einem Blitzschlage getroffen. Der Blitz traf die Spitze des Blitzableiters, verfolgte die Leitung, und die Entladung ging gegen die Bodenleitung, welche in einem etwa 25 Fuss tiefen Brunnen bestand, in welchem das Wasser 5 Fuss tief war. Jedoch war die während der Entladung stattgehabte Erschütterung so gross, dass die an dem Magazin stehende Wache auf kurze Zeit betäubt wurde. Die sehr starke Lichterscheinung, welche dabei sich verbreitete, wurde auch in grösserer Entfernung wahrgenommen. Irgend eine Beschädigung am Gebäude kam dabei nicht vor [56]. — Endlich soll noch das Ereigniss erwähnt werden, das am 23. Februar 1829 zu Bayonne eintrat. Das dortige Pulvermagazin ist ein Gebäude von 54 Fuss Länge und nahe 36 Fuss Breite. „Das Dach fällt auf beiden Seiten ab. Die Bedeckung der Firste und der Giebelmauern besteht aus breiten Bleiplatten, die mit einander verbunden sind. Die Stange hat eine Höhe von 21,3 Fuss, und ist durch eine bleierne Dille, die ihre Basis umschliesst, an einer der Firstplatten angelöthet. Durch diese Einrichtung sind alle Metalltheile des Daches mit einander in Verbindung. Die Ableitung hat wenigstens 11,6 Linien im Durchmesser, und

dieselbe geht in horizontaler Richtung über fünf Pfähle von 2,4 Fuss Höhe an der Erde fort, um in etwa 31 Fuss Entfernung von der Aussenwand des Magazins in eine viereckige Grube von 6 Fuss Länge und Breite versenkt zu werden. Diese Grube ist auf allen vier Seiten mit Mauerwerk bekleidet, und vom Boden aufwärts gerechnet 3 Fuss hoch mit Kohlen angefüllt. Um die Anzahl der Berührungspunkte zwischen den Kohlen und dem natürlichen Terrain zu vermehren, hat man die vier Mauern der Grube unten in offene Bogen endigen lassen. Das zugespitzte Ende des Leiters ruht auf einem in den Boden der Grube eingeschlagenen Pflocke. Von dem Hauptstabe gehen divergirende Metalldrähte aus, die sich gleichsam wie Wurzeln verzweigen und in alle Theile der Kohlenmasse verbreiten. Ueber den Kohlen liegt eine Schicht lockerer Erde mit einem Pflaster aus Steinplatten bedeckt. — Am 23. Februar 1829, um 4 Uhr Abends, nachdem einige Minuten lang ein von starkem Westwinde getriebener heftiger Platzregen mit Hagel gefallen war, traf der Blitz zu Bayonne den Blitzableiter, und schmolz seine Spitze in einer Länge von ungefähr einem Zolle. Ausserdem zeigten sich an vielen anderen Stellen deutliche Spuren von Entladungen. So war an der südwestlichen Ecke des Gebäudes die Bleiplatte, welche die Giebelmauer bekleidete, an einer Stelle zerrissen, und zwar genau über dem eisernen Bande, welches zwei Steine des Gesimses zusammenhielt. Andere und bedeutende Spuren von Explosionen waren an den erwähnten fünf Pfählen wahrzunehmen, welche dazu dienten, den Leiter in horizontaler Richtung über den Boden zu führen. Der Blitzableiter hatte also das Gebäude nicht vollständig geschützt. In den Schlussfolgerungen seines Berichtes über dieses Ereigniss und die Wirksamkeit eines Blitzableiters, der beim ersten Anblicke für sehr sorgfältig angelegt gehalten werden konnte, sagte Gay-Lussac, dass der Leiter dem Blitzstoffe keinen hinreichenden Abfluss dargeboten habe; deshalb habe derselbe sich andere Wege gesucht, sowohl an der südwestlichen Ecke des Gebäudes, als auch durch die fünf hölzernen Stützen“ [57]. Die Umstände, unter welchen die Entladung bei diesem Blitzschlage vor sich gingen, lassen also vermuthen, dass die Dicke der Hauptleitung unzureichend und dass die Continuität derselben nicht vollständig war. Ausserdem zeigt aber die eben gegebene Beschreibung, dass die Bodenleitung ihrer ganzen Anordnung nach als fehlerhaft bezeichnet werden musste.

Mit den vorstehenden Thatsachen mussten wir uns zuerst bekannt machen, um entscheiden zu können, ob es bei der Anlegung von Blitzableitern zuweilen nöthig werden könnte, auf den Zweck des Gebäudes dabei Rücksicht zu nehmen. Die zuerst aufgeführten Fälle zeigen uns, dass Blitzesentladungen, die in Pulvermagazinen eintreten, im Allgemeinen die heftigsten Zerstörungen zur Folge haben können, und dass daher die Einrichtung von Blitzableitern für solche Bauwerke die grösste Sorgfalt erheischt. Die an militärischen Gebäuden eingetretenen Ereignisse, und wobei die Blitzableiter selbst der Entladung ausgesetzt waren, belehren uns, dass selbst mangelhafte Blitzableiter zuweilen das Gebäude gegen weitere Beschädigungen schützen können. Sie lassen aber auch den Schluss ziehen, dass die geringsten Fehler, die bei der Anlegung eines Blitzableiters gemacht werden, den Schutz eines Franklin'schen Apparates immer in

Zweifel stellen. Wir wollen in diesem Augenblicke nicht weiter untersuchen, welche Folgerungen wir aus allen den bisher über Blitzschläge aufgeführten Ereignissen ziehen dürfen, da wir in dem nächsten Paragraphen hierüber ohnehin einige Betrachtungen anzustellen genöthiget sind; aber so viel können wir mit Gewissheit sagen, dass nämlich kein erheblicher Grund vorhanden ist, bei einem Bauwerke eine grössere Vorsicht und Aufmerksamkeit anzuwenden, als bei einem anderen, wenn wir überhaupt uns vornehmen, einen Blitzableiter untadelhaft auszustatten, und die oben aufgeführten Grundsätze dabei in Anwendung zu bringen. Selbst der zweite der oben angeführten Gründe gibt uns keine Veranlassung, bei Pulvermagazinen die Blitzableiter in anderer Weise einzurichten, als bei anderen Gebäuden. Es wurde nämlich schon früher angenommen (Seite 73), dass die Blitzableiter niemals innerhalb des Gebäudes angelegt werden sollen, und wir sind mit dieser Annahme nicht in Widerspruch gerathen, wenn wir auch für solche Fälle, wo die Dicke der Mauern und ihre sonstige Anordnung es zulässt, es für zweckmässig erachteten, die Leitung längs einer an der äusseren Mauerwand aufgeführten Rinne vom Dache bis zum Boden gehen zu lassen. Ferner wurde bei Besprechung der Einrichtung einer Bodenleitung immer vorausgesetzt, dass die hiefür auszuwählenden Brunnenschachte oder sonstigen Gewässer stets in gewissen Entfernungen vom Gebäude selbst, niemals aber innerhalb der zu demselben gehörigen Räume ausgewählt werden sollen. Wir werden also unter Beachtung solcher Regeln für die Ausleitung in den Boden bei Pulvermagazinen stets die gehörige Entfernung von den Kellerräumen etc. einhalten, und können dieses auch um so leichter, da gerade in Festungen zur Herstellung ausreichender Bodenleitungen die Verhältnisse in den meisten Fällen sehr günstige sind. Für Friedens-Pulvermagazine lassen sich ohnehin alle bis jetzt aufgeführten und als rathsam befundenen Maassregeln für die Anlegung von Blitzableitern direct in Anwendung bringen.

Die Meinung, den Zweck der Bauwerke bei der Anlegung von Blitzableitern ängstlich berücksichtigen zu sollen, rührt ohne Zweifel zum grössten Theile von der unrichtigen Vorstellung her, die man sich von der Wirkungsweise der Blitzableiter machte, und es kann keinem Zweifel unterliegen, dass sich diese Meinungen aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts bis auf unsere Zeiten vererbt haben.

In seinem Briefe an den Ingenieur-Major Dawson (dem 32. der Franklin'schen Briefe über Elektricität, datirt: Craven-Street, 29. Mai 1755), die Einrichtung von Blitzableitern an dem Pulvermagazin zu Purfleet betreffend, sagt Franklin am Ende des zweiten Absatzes: „Nach allen von mir in dieser Rücksicht gemachten elektrischen Versuchen, und nach allen Beispielen, welche ich von den Wirkungen des Gewitters auf diese Ableiter kennen gelernt habe, scheint es mir, dass sie — nur müssen sie alle gut und vollständig sein, und bis in Wasser oder einen sehr feuchten Erdboden reichen — gleich sicher sind, sie mögen entweder an die Mauer selbst befestiget, und mit eingeschlagenen Klammern haltbar gemacht werden, oder auf einer in die Erde in einiger Entfernung der Mauern eingerammten Stange oder Mastbaum ruhen. Die erste Methode ist die angemessenste, weil man dem Stabe (der Leitung nämlich) eine Krüm-

mung geben kann, um den Fenstern oder jenen Thüren auszuweichen, die gerade unter der Giebelspitze sich befinden. Da man jedoch in der Anwendung der anderen Methode eine grössere Beruhigung gefunden hat, so hätte ich ihr nichts entgegenzusetzen; nur sollen die Mastbäume so angebracht werden, dass sie nirgends als Hindernisse im Wege stehen, und so fest eingesetzt werden, dass die an denselben befindliche Leitung durch den Wind nicht unterbrochen werde" *.

Diese Ansichten dahin deuten zu wollen, als ob es gefährlich erscheinen müsse, den Blitzableiter eines Pulvermagazines auf dem Gebäude selbst zu errichten, kann wohl Niemanden in den Sinn kommen, welcher die eigenen Worte Franklin's auf ihre wahre Bedeutung zurückführen will. — Es fragt sich aber, ob man durch das Anbringen der Blitzableiter auf Masten, die ein Gebäude umgeben, letzteres gegen Blitzschläge zu schützen vermag. Franklin scheint deshalb diese Methode in Vorschlag gebracht zu haben, weil in dem früheren Pulvermagazin zu Purfleet, sowohl an dem Dache als auch im Innern der Gebäude, viele Metalle sich vorfanden, die nicht leicht in die Schliessungskette des Blitzableiters eingeschaltet werden konnten. So waren die Pulverfässer selbst mit eisernen Reifen umgeben und so auf einander geschichtet, dass durch die am Dache befindlichen Eisenstangen und diese Reife eine metallische Bahn bis in die Gewölbe angelegt war. Aus diesem Grunde musste es Franklin vor allem als rathsam finden, dass diese Metalle entfernt werden, und damit eine durch einen Blitzschlag etwa eintretende Entladung sich nicht bis in das Innere des Gebäudes erstrecken könne, solle man nach seiner Meinung, „wenn man wolle", die Blitzableiter entfernt von dem Gebäude anbringen.

Aehnlich, wie Franklin, äusserte sich Beccaria über die Einrichtung von Blitzableitern an Pulvermagazinen. Vor allem hielt es Beccaria für rathsam, alle metallischen Bestandtheile an Pulvermagazinen, wie an den Dächern, Schränken, Fässern, Fenstern und Thüren, auf die möglichst kleinste Menge zu reduciren, und dabei nie eine grössere Strecke Metalles an dem Gebäude zu belassen. „Die Lokalumstände können zur Errichtung eines neuen Magazins den Platz bestimmen, der den Blitzen von Natur aus am wenigsten ausgesetzt ist, und überhaupt seien tief gelegene Orte die besten." „Die Mauern, so wie die Gewölbe sollen dick und bombenfest gemacht, und mit trockener Erde bedeckt werden. Hiebei solle das Anpflanzen von Gesträuchen und Weinreben an dem Gebäude vermieden werden." „Die Blitzableiter können entweder an dem Gebäude oder um dasselbe angelegt werden. In letzterem Falle sollen die Stangen in solcher Zahl errichtet werden, dass sie das Gebäude von allen Seiten umgeben" etc. etc. Endlich bemerkt Beccaria, „man könne auch einen allgemeinen Blitzableiter für das ganze Gebäude dadurch anlegen, dass man dasselbe mit Kupfer eindecke, an den vier Ecken grosse kupferne Röhren anbringe, und diese

* Der letzte Satz der hier angeführten Stelle aus Franklin's Brief an Dawson ist nicht so klar dargestellt, dass man mit Gewissheit daraus entnehmen kann, ob Franklin die Absicht hatte, den Blitzableiter an Pulvermagazinen vom Gebäude isolirt anzulegen, oder ob er bloss wollte, dass man die Hauptleitung mit Auffangstange an Mastbäumen anbringe, im Uebrigen aber die Zweig- und Zuleitungen vom Gebäude aus gegen die Mastleitungen hingehen lassen soll.

an ihren unteren Enden durch eine grosse angenietete Kupferplatte mit dem Boden in Verbindung setze" [58]. Diese Ansichten eignete sich auch TOALDO in seiner Abhandlung vom Jahre 1777 an, indem er das Anbringen der Blitzableiter auf Mastbäumen, die das Magazin umgeben, als das wirksamste Schutzmittel hielt. Jedoch ist auch durch ihn die Meinung wieder bestärkt worden, als ob die Blitzableiter mit zugespitzten Stangen die Zahl der Blitzschläge zu vermehren geeignet seien, denn er sagt in derselben Abhandlung: „In Betreff der Pulvermagazine ist es angemessen, sich in der Defensive zu halten, keine Spitze auf das Gebäude zu setzen, und sich damit zu begnügen, alle in demselben vorkommenden Metallstücke in Verbindung mit dem Leiter zu bringen."

Diese Maassregeln sind es nun, die man in späterer Zeit immer als Anhaltspunkte bei der Einrichtung von Blitzableitern an Pulvermagazinen beobachten zu müssen glaubte. Schon HEMMER setzte die Wirksamkeit der Mastenableiter in Zweifel. Ihre Anwendung liess er nur für ganz beschränkte Fälle gelten, indem er hierüber in folgender Weise sich ausspricht: „Soll ein Gebäude mittelst solcher, auf Masten errichteter Leiter geschützt werden, so darf es erstlich kein solches sein, das mit Schornsteinen, oder andern merklich emporstehenden Theilen versehen ist, weswegen alle Wohnhäuser, nebst vielen anderen Gebäuden, des Schutzes dieser Art unfähig sind. Zweitens müsste man alle Metalle, die von einiger Beträchtlichkeit sind, von diesem Gebäude wegschaffen, wie ich an den Pulverthürmen zu Heidelberg habe thun lassen. Allein bei allen dem ist die Sicherheit noch nicht so vollkommen, als wenn die Wetterstangen auf dem Gebäude selbst stehen, und mit dem übrigen Nöthigen vergesellschaftet sind. Deswegen habe ich auch hernach bei Bewaffnung der Pulverthürme zu Mannheim, Düsseldorf und Jülich keine Maste mehr gebraucht" [59]. — Diese Ansichten HEMMER's haben zwar die allgemeine Verbreitung dieser Anordnung etwas gehemmt, aber trotzdem finden wir dieselbe wieder neuerdings eingeführt und noch bis zur gegenwärtigen Zeit an einzelnen Orten beibehalten. Hiezu hat nämlich die ältere französische Commission vom Jahre 1823 die Veranlassung gegeben, indem sie in ihren Vorschriften ausdrücklich sagt, dass bei Pulvermagazinen es „der Vorsicht gemäss sei, die Auffangstangen nicht auf den Gebäuden selbst zu errichten, sondern auf Mastbäumen, welche um 2 bis 3 Meter von denselben entfernt sind" etc. etc., wie diess in *Fig. 65*, auf welche dabei hingewiesen wird, angedeutet ist. Hiebei wurde von der Commission festgesetzt, dass die Spitzen der Blitzableiter an den Masten mindestens um 4 bis 5 Meter (12 bis 15 Fuss) über die Gebäude hervor-

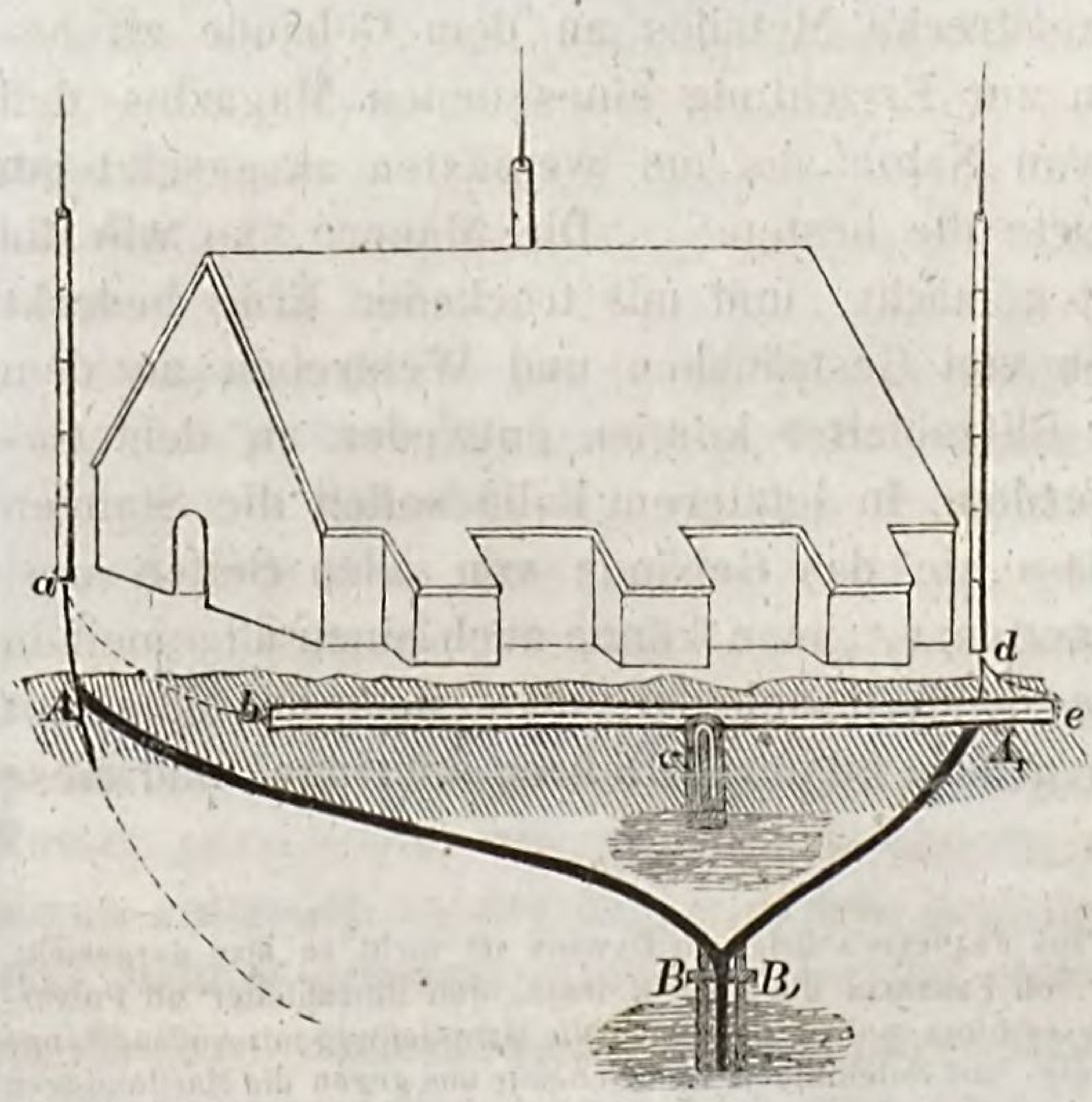


Fig. 65.

ragen sollen. (In *Fig. 65* ist auch die Bodenleitung *abc*... in der Weise einzurichten angedeutet, dass sie dem Gebäude sogar Gefahr bringend werden könnte; dieselbe muss vielmehr die Richtungen AB und A_1B_1 etc. erhalten, wenn sie den nöthigen Schutz gewähren soll.) — Für Pulverthürme aber, wo die Anwendung von Mastbäumen als unzulässig erscheinen müsste, solle man nach jenen Vorschriften zwar die Blitzableiter an den Gebäuden selbst anbringen, „aber man solle die Auffangstangen weglassen", und statt dieser eine kupferne Kugel benutzen, „von welcher doppelte Leitungen ausgehen können, weil dann die Gefahr nicht zu befürchten sei, dass der Ableiter den Blitz anziehe". Man sieht aus dem hier Mitgetheilten, dass die Schutzmittel, wie sie im Jahre 1823 für Pulvermagazine in Frankreich eingeführt wurden, nicht als zweckentsprechend angesehen werden können.

Was die Benutzung der Mastbäume für Pulvermagazine und andere Gebäude betrifft, so müssen gegen ihre Anwendung einige Zweifel erhoben werden. Vor allem müssen wir bedenken, dass man die Grösse des Wirkungskreises eines Blitzableiters nicht mit der Sicherheit kennt, dass man die Zahl der nothwendigen Masten bestimmen könnte. Rechnet man von dem Fusspunkte der Stange, nämlich vom Boden aus, so würde man den Mastbäumen eine zu geringe Höhe geben, wenn man die bekannte Regel über die Wirkungssphäre gelten lassen wollte. Denn wir haben uns (§. 35) überzeugt, dass ein in der doppelten Entfernung vom Blitzableiter befindliches Object durch jenen nicht geschützt wird. Würde man den Halbmesser der Wirkungssphäre gleich der doppelten Höhe der Spitze des Blitzableiters über der durch den höchsten Punkt des Gebäudes gedachten Horizontalebene annehmen, so könnte die Wirkung des Blitzableiters dennoch in Frage gestellt werden, wenn das Gebäude nicht von allen metallischen Bestandtheilen entblösst würde, und wenn dasselbe nicht auf ganz trockenem Boden sich befände. Aber selbst unter günstigen Umständen würde die Zahl der Masten-Blitzableiter dabei so beträchtlich werden müssen, dass ihre Anwendung in Frage gestellt werden muss. Nimmt man endlich den Halbmesser des Wirkungskreises gleich der doppelten Länge der Auffangstange selbst, vorausgesetzt, dass die Füsse der einzelnen Stangen höher als die höchsten benachbarten Stellen am Gebäude sind, so würden sich der Ausführung solcher Blitzableiter vielfache Hindernisse entgegensetzen. Wenn wir übrigens auch annehmen würden, dass solche Anordnungen als geeignete Schutzmittel für Pulvermagazine dienen könnten, wenn wir z. B., wie diess beiläufig in *Fig. 66* (Seite 162) angedeutet ist, ein fortificatorisches Werk mit solchen Bäumen umgeben, so müssten wir der Sicherheit halber die sämmtlichen Ableiter *A*, *B*, *C* etc. etc. unter sich im Boden leitend mit einander verbinden, diese Leitungen vom Gebäude weg und abwärts gegen tiefer liegende Punkte führen, und endlich eine genügende Zahl von Ausleitungen *W* in Wasser anlegen. Ein solches Stangensystem würde also unter allen Umständen so viele Bewegungshindernisse darbieten, dass seine Anwendung nicht zulässig ist, und bei stattfindenden Belagerungen würden die Blitzableiter die ersten Objecte sein, die zerstört werden müssten, oder vom Feinde demolirt würden. — Ausserdem ist die Befestigung so grosser Mastbäume im Boden, wenn sie dauerhaft sein soll,

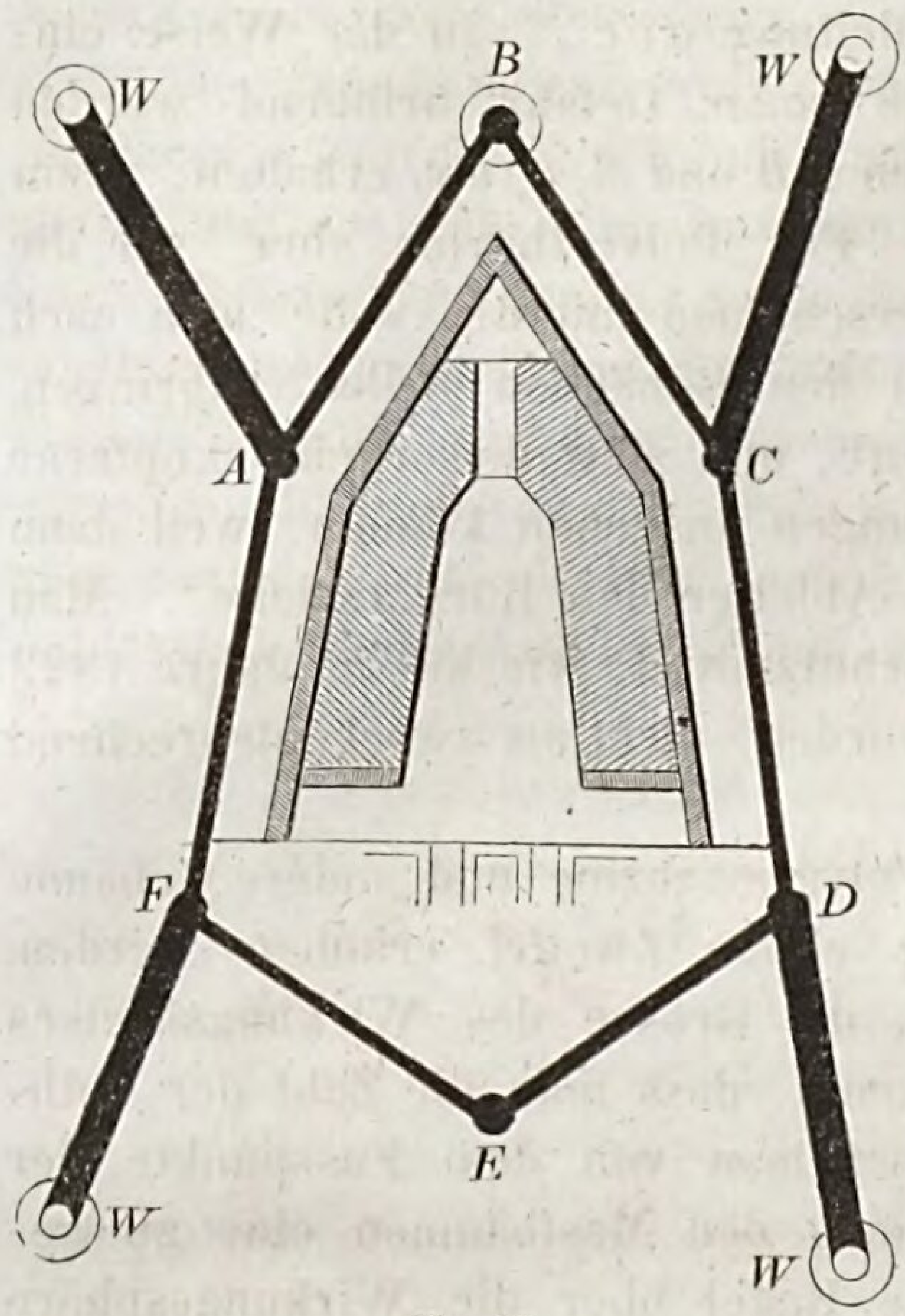


Fig. 66.

wenn ferner die Bäume der Leitung eine ganz sichere Führung darbieten sollen, mit grossen Schwierigkeiten verbunden, denn es handelt sich nicht bloss darum, die Befestigung so stark zu machen, dass durch horizontal einwirkende Kräfte die Bäume nicht umgeworfen werden können, sondern es dürfen dieselben durch derartige Einwirkungen nicht einmal gebogen werden. Für ihre Befestigung wären daher auch Stützen etc. nöthig, welche die Einrichtung vielleicht eben so kostspielig machen würden, als wenn man dieselben gleich durch eiserne Säulen ersetzen würde, insbesondere wenn man bedenkt, dass solche Mastbäume nicht leicht ausgewechselt werden können, sondern sogleich vor ihrer Errichtung so vorbereitet werden müssen, dass sie wenigstens durch längere Zeit der Fäulniss widerstehen.

Ich halte daher die Methode, die Blitzableiter für Pulvermagazine auf Mastbäumen zu errichten, nicht für zweckmässig, und kann selbst die Benutzung von lebenden Bäumen in der Umgebung des Gebäudes, die man zu diesem Zwecke mit Blitzableitern versehen müsste, nicht als ein brauchbares Mittel für den vorliegenden Zweck ansehen.

Bezüglich solcher Magazine, die eine geringe horizontale Ausdehnung, aber bedeutende Höhe haben, wird bisweilen noch angerathen, die Auffangstangen der Blitzableiter durch kugelförmige metallische Conductoren zu ersetzen. Da aber weder die Erfahrung, noch theoretische Gründe für eine derartige Anordnung die nöthigen Anhaltspunkte liefern, welche zeigen könnten, dass dieselbe ein sicheres Schutzmittel gegen Blitzesentladungen darbiete, wie die Blitzableiter mit Auffangstangen, so ist auch gar kein Grund vorhanden, dieselbe weiter zu berücksichtigen [60]. Würde man aber durch künftige Forschungen darauf geführt werden (was übrigens schon im Voraus in Zweifel gestellt werden möchte), dass sich die Blitzableiter mit kugelförmigen Conductoren als wirksamere Schutzmittel zeigen, wie die FRANKLIN'schen Blitzableiter, so dürfte man nicht bloss bei Pulverthürmen, sondern auch bei allen Gebäuden die Blitzableiter ohne Auffangstangen einrichten.

Die bis hieher angestellten Betrachtungen führen zu dem Resultate, dass man bei Errichtung von Blitzableitern an Pulvermagazinen ganz dieselben Umstände zu berücksichtigen hat, wie bei anderen Bauwerken, und dass die Gestalt der FRANKLIN'schen Apparate dabei keinerlei Aenderung zu erfahren brauche.

Uebrigens darf dennoch nicht in Abrede gestellt werden, dass bei Anlegung von Blitzableitern an Gebäuden, die Pulvervorräthe oder andere leicht entzündliche Objecte in grösserer Quantität aufzunehmen bestimmt sind, die dabei zu

berücksichtigenden Vorsichtsmaassregeln in erhöhtem Maasse angewendet werden müssen. Die Einrichtung der Blitzableiter, sowie ihre Gestalt ändert sich zwar nicht, aber bei der Einrichtung selbst hat man alle oben erörterten Umstände genau abzuwägen. Hiezu ist es aber vor allem nothwendig, dass die Einrichtung des ganzen Franklin'schen Apparates nur unter der Leitung und Aufsicht eines mit den Anforderungen der Wissenschaft vertrauten Ingenieurs vorgenommen werde, nicht aber, wie diess gewöhnlich zu geschehen pflegt, dieses wichtige Geschäft lediglich den Werkleuten überlassen bleibe, die nur die nöthige Fertigkeit besitzen, um die Anordnungen zu vollziehen, und die im Uebrigen aber bei ihren Arbeiten nur das gewöhnliche Herkommen als Richtschnur betrachten.

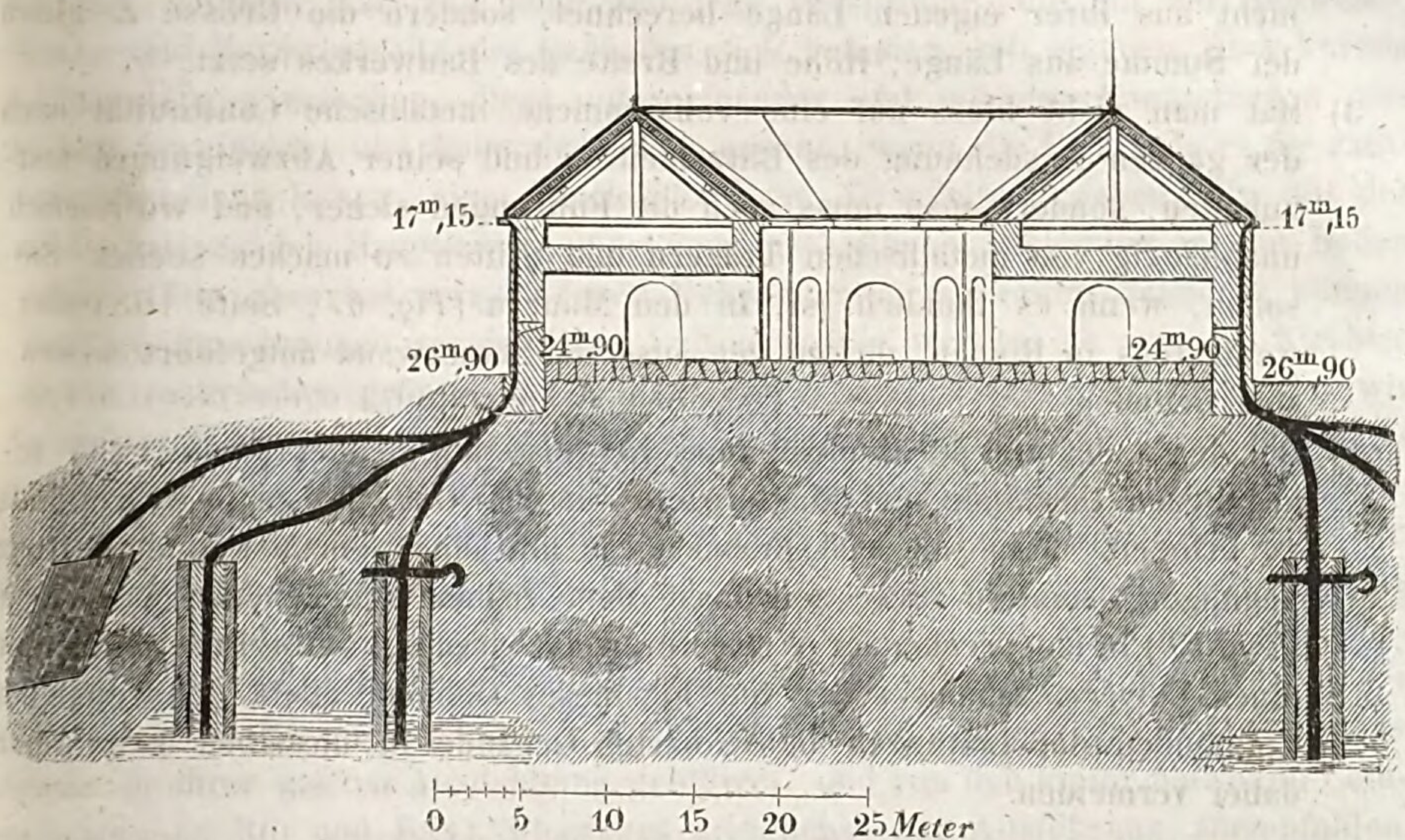


Fig. 67.

Was man dann noch ausserdem bei der Einrichtung von Blitzableitern an Pulvermagazinen besonders ins Auge zu fassen hat, möchte etwa in Folgendem bestehen:

1) Soll wo möglich schon bei der Ausführung des Bauwerkes dafür gesorgt werden, dass das Regenwasser etc. nie in der Nähe des Gebäudes sich ansammeln, dass aber keinesfalls eine solche Ansammlung in den untersten Räumen desselben oder an seinen Fundamenten eintreten könne. Es soll vielmehr das Fundament des Gebäudes immer etwas erhöht gegen das umgebende Terrain angelegt werden, die Abfallröhren etc. sollen so angebracht werden, dass das Wasser von dem Gebäude hinweg nach geneigteren Stellen fliesst etc. etc. „Ueberhaupt soll der Grund und Boden, auf dem das Gebäude steht, immer in möglichst trockenem Zustande erhalten bleiben."

2) Kann man die Vorsicht bei solchen Gebäuden noch etwas weiter treiben, als bei gewöhnlichen, dadurch, dass man sich nicht genau an die normalen Dicken der Leitung hält, wie sie oben angegeben wurden, sondern in

ähnlicher Weise verfährt, wie diess in der Bautechnik bei der Bestimmung von Mauerstärken, Dicke von Tragsäulen etc. gewöhnlich geschieht, wo man bekanntlich bei solchen Bauwerken, die die grösste Sorgfalt bei der Ausführung erfordern, zwar an die durch Theorie und Erfahrung bestimmten Dimensionen im Allgemeinen sich hält, aber bei der Ausführung der Constructionen selbst nicht diese Dimension x, sondern (wenn ich des Ausdruckes eines unserer gefeiertsten Ingenieure der Gegenwart mich bedienen soll) $x +$ Douple-Meter als die wirkliche Dimension benutzt. — Hiebei dürfte es aber immer als genügend erscheinen, wenn man mit Hülfe der (auf Seite 85) hiefür angeführten Formeln die Dicke der Leitung nicht aus ihrer eigenen Länge berechnet, sondern die Grösse L gleich der Summe aus Länge, Höhe und Breite des Bauwerkes setzt.

3) Hat man nicht bloss auf eine vollkommene metallische Continuität nach der ganzen Ausdehnung des Blitzableiters und seiner Abzweigungen festzuhalten, sondern man muss auch die Führungen sicher, und wo möglich unabhängig von metallischen Trägern und Stiften zu machen suchen. Sie sollen, wenn es thunlich ist, in den Mauern (*Fig. 67*, Seite 163) oder wenigstens in Rinnen, die an der äusseren Mauerwand aufgeführt werden, sich befinden.

4) Bei der Anlegung der Bodenleitung hat man alle früher (Seite 123) angegebenen Umstände und Maassregeln auf das Sorgfältigste in Anwendung zu bringen. Man soll sich hiebei nicht mit einer einzigen Bodenleitung begnügen, sondern diese soll nach dem früher angegebenen Verfahren (*Fig. 67*) in entsprechender Weise verzweigt werden. — Die Bodenleitungen eines Pulvermagazines sollen nur für dieses Gebäude allein gehören, das Einmünden der Leitungen benachbarter Gebäude in dieselben kann man dabei vermeiden.

§. 42. Schlussbemerkungen über die Anordnung von Blitzableitern an Gebäuden. Nebenleitungen und Abzweigungen der Blitzableiter.

Es ist auch hier nicht möglich, die Anordnungen in der Weise zu erläutern, dass sie alle in der Praxis vorkommenden Fälle umfassen. Die folgenden Betrachtungen sollen vielmehr nur einige Anhaltspunkte liefern, die man bei der Einrichtung mehrfacher Blitzableiter in gehöriger Weise berücksichtigen soll.

Bei mehrfachen Blitzableitern kann man die Hauptleitungen von den Nebenleitungen unterscheiden. Die Umstände, von welchen die Einrichtung und die Zahl der Hauptleitungen abhängig gemacht werden soll, wurden bereits schon näher betrachtet. Diesen Betrachtungen will ich hinzufügen, dass die sämmtlichen Leitungen unter sich schon an der Dachfirste metallisch vereiniget werden müssen, im Falle die Eindeckung nicht schon selbst aus einer continuirlich angeordneten Metallmasse besteht. Bedeckt man die Firste und Grade des Daches mit Kupfer oder Zinkblech etc. in metallischer Continuität, so ist ein Verlöthen dieser Bedeckung mit den Auffangstangen ausreichend, um die metallische Vereinigung der sämmtlichen Hauptleitungen zu bewerkstelligen. In jedem anderen

Falle kann man hiezu Leitungsdrähte etc. aus verzinktem Eisen in Drahtgeflechten oder einfache Kupferdrähte benutzen, und die Führung, sowie den Schutz dieser Drähte in der oben gedachten Weise (Seite 107) anordnen. Hat jede Auffangstange ihre selbstständige Hauptleitung, so dürfen diese Verbindungsdrähte aus schwächeren Leitungen bestehen, was ebenfalls oben schon erörtert wurde; sind aber solche Verbindungen als Theile einer Hauptleitung anzusehen, so darf ihre Dicke nicht geringer sein, wie die der Hauptleitung.

Ist das Gebäude mit mehreren nach Oben sich erstreckenden Hervorragungen und Vorsprüngen versehen, so ist es nothwendig, nicht bloss die Hauptauffangstangen in entsprechender Weise länger zu nehmen, als unter anderen Umständen, sondern man soll auch alle jene Vorsprünge, die auf der Südwest-, West- und Nordwestseite des Gebäudes sich befinden, mit eigenen, aber kurzen Auffangstangen versehen, diese unter einander und mit den Hauptstangen metallisch vereinigen, und kann denselben sodann, wenn die Umstände es für rathsam erscheinen lassen, eine gemeinschaftliche Nebenleitung geben, die mit der nächst anliegenden Hauptleitung eine gemeinschaftliche Ausleitung in den Boden erhält. (Die oben bei verschiedenen Gelegenheiten gewählten Beispiele können derartige Anordnungen versinnlichen.) Nothwendig werden sie sein bei Kirchen, die mit mehrfachen grösseren und kleineren Thürmen versehen sind, und wir verweisen hiefür auf eine zwar alte Anordnung, die aber trotzdem im Allgemeinen so sinnreich ausgedacht war, dass sie selbst in unserer gegenwärtigen Zeit unter gleichzeitiger Anwendung der entsprechenden neuen Hülfsmittel etc. als Muster dienen könnte. Es ist diess der von dem Kriegscommissar Barbier de Tinan im Jahre 1780 der französischen Akademie der Wissenschaften vorgeschlagene und unterbreitete Plan zur Anlegung von Blitzableitern auf der Kathedrale zu Strassburg. Diese Einrichtung wurde von der französischen Akademie in ihrer ganzen Ausdehnung gebilliget, und von den hiefür betrauten Commissären le Roi und Benj. Franklin dringlichst zur Ausführung anempfohlen, aber der Strassburger Magistrat nahm diese der Kosten halber nicht vor, obgleich die durch die Blitzschläge in jedem Jahre veranlassten Beschädigungen das Einsetzen eines eigenen permanenten Etats für die Ausbesserungen an dem Münster nothwendig machten. Bekanntlich wurde der Strassburger Münster erst im Jahre 1833 mit Blitzableitern versehen [61].

Ferner werden solche Nebenleitungen für Pavillons etc. nöthig sein, und müssen ausserdem in vielen anderen Fällen, wo derlei Baugruppirungen vorkommen, eingerichtet werden. Ebenso dürfen dieselben bei Kaminen nicht übersehen werden. Aus den oben (auf Seite 12) hierüber geführten Betrachtungen geht hervor, dass die bei benutzten Kaminen entweichenden Zersetzungsproducte der angewendeten Heizmaterialien eine Einschaltung des Kamines in den Blitzableiter als ebenso nothwendig erscheinen lassen, wie die von metallischen Constructionstheilen des Gebäudes. Bei steinernen Kaminen lässt sich dieses Einschalten in den Schliessungsleiter nicht bewerkstelligen. Um so mehr muss es daher als rathsam erscheinen, jeden Kamin mittelst einer kurzen Auffangstange mit einer Nebenleitung zu versehen, die mit den nächst angrenzenden Hauptleitungen durch Zweigdrähte (*Fig. 59* und *Fig. 65*) von geringerer Stärke, wie

jene, metallisch vereiniget werden. Bei den Zungen der sogenannten russischen Kamine möchte es ausreichen, einige derselben, die an den äussersten Enden des Daches vorkommen, mit Nebenstangen zu versehen, die übrigen aber durch Zweigleitungen, die mit Hartloth an die Zungen angelöthet werden müssen, mit den Hauptleitungen zu vereinigen. Dass hohe Kamine an Fabrikgebäuden mit Hauptstangen und Hauptleitungen versehen werden müssen, ist oben schon erwähnt worden.

Das, was ich bis hieher erwähnt habe, bezieht sich auf hervorragende Objecte an den Gebäuden, und wir halten es also für nöthig, dass solche immer mit eigenen Blitzableitern versehen werden. Derlei Blitzableiter haben aber äusserst selten ihre eigene Bodenleitung, sondern werden mit einer oder mit mehreren der nächst angrenzenden Hauptleitungen zu diesem Zwecke vereiniget. Wir nennen dieselben deshalb Nebenleitungen. Die Stelle, an welcher die Nebenleitungen, die also für hervorragende Objecte im Allgemeinen angebracht werden müssen, wenn das Gebäude eine grössere Ausdehnung hat etc., für Kamine aber aus mehrfachen Gründen nöthig sind, mit den Hauptleitungen verbunden werden sollen, können wir aus den im §. 24 auseinander gesetzten Gründen nicht für gleichgültig halten. Sollen nämlich diese Nebenleitungen, oder passender ausgedrückt, diese secundären Ableiter oder Zweigleiter ihrem Zwecke entsprechen, so müssen die Enden derselben möglichst nahe am Boden mit einer Hauptleitung in Verbindung gebracht werden.

Von diesen secundären oder Zweigleitern unterscheidet man noch gewöhnlich die sogenannten Auf- und Zuleitungen. Diese Begriffe scheinen nicht ganz klar zu sein. Man bezeichnet mit diesen Ausdrücken sowohl die Zweigleiter, die zum Schutze der Kamine etc. dienen sollen, als auch die Leitungsstücke, welche die am Dache etc. des Gebäudes befindlichen Metalle mit den Hauptleitungen verbinden, und bewerkstelliget diese Verbindungen bloss durch einzelne Stücke der Leitung, oder indem man eine Hauptleitung über oder neben dem zu schützenden Objecte hinwegführt. Mit diesen Anordnungen kann ich mich ebenfalls nicht befriedigen, und ich habe deshalb erwähnt, dass alle hervorragenden Objecte mit Blitzableitern versehen werden müssen, wenn die Zahl derselben und die Ausdehnung des Gebäudes etc. es erforderlich macht, und habe solche Blitzableiter mit dem Namen secundäre oder Zweig-Ableiter bezeichnet.

Was aber die Anordnungen betrifft, die für grössere an dem Gebäude angebrachte Metallstrecken vorgenommen werden sollen, so ist es immer nothwendig, „solche Metallstrecken wenigstens in eine der Hauptleitungen entweder direct, oder durch Zweigdrähte ganz und gar einzuschalten, damit sie selbst als Theile eines der Blitzableiter angesehen werden können".

Welche Anordnungen man treffen soll, wenn das Gebäude grossentheils aus Eisen construirt und mit Metalldachungen versehen ist, ist im Allgemeinen schon (Seite 147) zur Sprache gekommen. Hier sprechen wir also ausschliesslich von solchen Metallstücken, wie sie an jedem Gebäude vorkommen können. — Solche sind z. B. die metallenen Dachrinnen, die Metallbekleidungen der Gesimse, die metallenen Abfallsröhren, die in den Mauern angebrachten eisernen Riegel u. s. w. — So reicht es also nicht aus, wenn man eine horizontale

Regenrinne dadurch mit dem Blitzableiter verbindet, dass man die Leitung über einen Rand derselben hinweggehen lässt, und die Verbindung von Leitung und Rinne höchstens durch einen Stift bewerkstelliget. Es soll vielmehr die Regenrinne selbst eine ganz continuirliche Metallmasse bilden, und jedes ihrer beiden Enden soll an zwei Stellen mit dem Blitzableiter verbunden werden, von denen die eine Verbindungsstelle etwa in der Nähe der Auffangstange, die andere aber nicht zu weit vom Boden entfernt ist. Kann man hiebei zwei Blitzableiter benutzen, die unter sich selbst metallisch verbunden sind, so reicht es aus, jedes Ende der Dachrinne mit einer der nächst angrenzenden Hauptleitungen metallisch zu verbinden.

Bei Abfallröhren, in deren Nähe eine Hauptleitung sich befindet, ist es nöthig, das obere Ende derselben mit dem Anfange der Leitung oder auch mit der zunächstliegenden Stelle des Blitzableiters, ihr unteres Ende aber in der Nähe des Bodens mit der Hauptleitung durch Zweigdrähte metallisch zu vereinigen. — Ausserdem soll jede längere Metallstrecke, die in continuirlicher Weise an dem Gebäude angebracht ist, immer an jeder ihrer beiden Endstellen mit dem Blitzableiter in metallische Verbindung gebracht werden.

Jedoch ist es nicht nothwendig, jedes Metallstück, das bei der Construction des Gebäudes benutzt worden ist, in den Blitzableiter einzuschalten. Man wird diess bei kleinen und vereinzelten Metallstücken immer unterlassen dürfen, wenn nicht die in §. 24 erörterten Anforderungen, oder die in §. 41 geführten Erörterungen eine solche Vorsicht als nothwendig erscheinen lassen.

Ueber die Anordnung der Bodenleitungen für eine Gruppe von Bauwerken.

Ich habe oben (Seite 111) bezüglich der Einrichtung der Bodenleitung für Blitzableiter ausführlich die Umstände betrachtet, welche man bei der Ausführung derselben ins Auge zu fassen hat, und dort, so wie bei anderen hiefür sich dargebotenen Gelegenheiten die Maassregeln im Allgemeinen erwähnt, nach welchen die Einrichtung der Bodenleitung vorgenommen werden soll. Es können nun in der Praxis einzelne Fälle vorkommen, in welchen bei der Anordnung des unterirdischen Theiles eines Blitzableiters einige Vereinfachungen zulässig sind, und andere, wo die Bodenleitung durch schon vorhandene Hülfsmittel jeden Grad von Sicherheit erlangen kann, der erforderlich ist. — Fälle der letzteren Art kommen bei fast allen Bauwerken vor. Es ist nämlich in der Regel jedes Gebäude nicht bloss mit Traufrinnen, sondern auch mit den dazu gehörigen Abfallröhren versehen. Diese letzteren sind es nun, im Falle sie selbst eine continuirliche Metallstrecke bilden, welche die Wirksamkeit der Bodenleitung oft sehr unterstützen können. Ich kann es niemals als rathsam finden, solche Abfallröhren als Leitungen für einen Blitzableiter anzuwenden, der Blitzableiter muss vielmehr ganz unabhängig von solchen Regenröhren angelegt werden, diese aber sind sodann in die Leitung in gehöriger Weise einzuschalten. Nun wurde oben erwähnt, dass zuweilen es als zweckmässig erscheinen kann, die in der dort angegebenen Weise ausgeführte Bodenleitung, auch wenn sie als ganz sicher erscheint, dennoch in der Nähe des Bodens — etwa 1 Fuss unter der Erdoberfläche — mit langen und geneigten Abzweigungen ausserdem zu ver-

sehen. Diese Verzweigungen sind es nun, die, wenn Abfallröhren vorhanden sind, in den meisten Fällen hinweggelassen werden dürfen. Ist nämlich die Abfallröhre, wie bereits erwähnt, in den Blitzableiter eingeschaltet, so verbinde man ihr unteres Ende mit einem verzinkten Drahtseile von nicht geringerer Länge als etwa 6 Fuss in metallischer Weise, und lege dieses Seilstück in den zu diesem Zwecke senkrecht gegen die Façade und gegen den Boden geneigten aufgeworfenen Graben, dessen Tiefe an der Anfangsstelle etwa $1/2$, an der Endstelle etwa 2 Fuss haben kann, und der, wenn die örtlichen Umstände es zulassen, zugleich dazu dienen kann, das Regenwasser vom Gebäude hinweg nach tieferen Stellen etc. abzuleiten; so würde, vorausgesetzt, dass der Graben nicht ausgemauert, sondern bloss durch hineingeworfene Erde wieder verschüttet wird, unter allen Umständen, wo die Oberfläche des Bodens durch Regengüsse die nöthige Leitungsfähigkeit bei eintretenden Entladungsströmen annehmen könnte, jede Gefahr, die in dieser Beziehung zu befürchten stände, beseitiget sein. Wenn man also jede der Abfallröhren, die an einem ausgedehnten Gebäude angebracht sind, in der eben erwähnten Weise mit einer Ausleitung in den Erdboden versieht, und wenn ausserdem die Bodenleitung des Blitzableiters in der früher angezeigten Weise (Seite 128) ausgeführt wird, so kann man das Gebäude vollständig genug gegen Blitzschläge als gesichert ansehen, da bei völlig trockenem Boden die Hauptausleitungen in dem Boden und in den hiefür angelegten Brunnenschachten wirksam sind, und bei durchnässtem Boden an seiner Oberfläche diejenigen Ausleitungen noch ihre Thätigkeit ausüben, welche durch die Abfallröhren hergestellt werden.

Die Fälle der ersteren Art, von denen oben die Rede war, kommen insbesondere da vor, wo Gebäude in ganzen Reihen neben einander aufgeführt sind, die sämmtlich einen trockenen Grund und Boden haben. Für diese Fälle lassen sich die Bodenleitungen in etwas einfacherer Weise dadurch herstellen, dass man eine oder zwei solche Hauptleitungen im Boden für dieselben gemeinschaftlich anlegt.

Man wähle hiefür eine dem umgebenden Terrain angemessene Stelle, die tiefer liegt, als jedes der Gebäude, und die weit genug von den einzelnen Gebäuden sowohl, wie von anderen Bauobjecten entfernt ist. An dieser lege man einen Schacht von etwa 5 Fuss Tiefe an, und fülle diesen mit einer an ihren Seiten mehrfach durchlöcherten Röhre aus verzinktem Eisen aus, deren Wanddicke selbst mindestens so gross ist, als die halbe Dicke einer Leitung sein müsste, deren Länge gleich der Summe aus der Länge der ganzen Häuserreihe und der längsten dabei vorkommenden Hauptleitung, wobei wir voraussetzen, dass auch die sämmtlichen Blitzableiter unter sich in leitender Verbindung stehen. An das obere Ende dieser Röhre werden nun die sämmtlichen Hauptleitungen durch Hartloth angelöthet. Von dem unteren Ende der Röhre aber geht die eigentliche Ausleitung in den Boden, wofür ein oder zwei Brunnen, die in der Nähe gegraben werden, benutzt werden können. Die einzelnen Hauptleitungen werden aber hiebei in ähnlicher Weise gegen ihre Verbindungsröhre hingeführt, als ob diese ihre eigentliche Ausleitung in die Erde bilden würde.

Um bei späteren Visitationen die Anordnung der sämmtlichen Ausleitungen in den Boden wieder auffinden zu können, wird es nothwendig sein, entweder die Spuren der sämmtlichen Leitungen durch Marken zu bezeichnen, oder man wird, was als zweckmässiger erscheinen dürfte, die ganze Einrichtung des Blitzableiters mit seinen Bodenleitungen in den Grundplan etc. der Gebäude und ihrer Umgebung einzeichnen. Es muss diess als um so nothwendiger erscheinen, als die Benutzung solcher Bodenflächen, unterhalb welchen die Bodenleitungen für Blitzableiter sich befinden, für andere Bauzwecke nicht als angemessen erscheinen kann.

Ueber die Anhäufung von Metallmassen in der Nähe von Blitzableitern.

Dieser Umstand ist schon früher (Seite 63—64) besprochen worden, und es mag daher genügen, hier einige Thatsachen zu erwähnen, die mit jenen Vorgängen in Zusammenhang zu stehen scheinen. — „In dem Gefängnisse von Charlestown empfanden am 31. Juli 1829 dreihundert Personen auf einmal, gleichzeitig mit einem gewaltigen Blitzschlage, eine heftige Erschütterung, deren allgemeiner Erfolg während einiger Secunden eine bedeutende Schwächung der Muskelkraft war. Das Ereigniss hatte für Niemand traurige Folgen. Das Gefängniss zu Charlestown war mit drei Blitzableitern versehen, die in gutem Zustande und 17 Fuss von einander entfernt waren. Der Blitz liess daher das Gebäude unversehrt.“ „Aber wie ging es zu (fragt Arago, dem wir die Erzählung dieses Ereignisses entnehmen), dass die schützende Wirkung der Leiter sich nicht, wie gewöhnlich, auf die Bewohner erstreckte? Man hat eine genügende Antwort auf diese Frage in der grossen Quantität Eisen gefunden, die das Gefängniss enthielt. Der Director Bryant schlug dasselbe auf 100 Tonnen (2000 Centner engl.) an, während das ganze Arbeiterpersonal noch ausserdem mit Hämmern, Feilen, Gewehren oder Piken ausgerüstet war.“

Bei dem schon mehrmals erwähnten Ereignisse, das am 10. Juli 1843 den Blitzableiter der Kathedrale zu Strassburg traf, wurden mehrere sogenannte Abweichungen des Blitzes in der Nähe des Bodens wahrgenommen, obgleich es sich herausstellte, dass der Blitzableiter seine schützende Wirkung ausübte. Diese angeblichen Abweichungen erstreckten sich bei jedem der zwei innerhalb einer Minute aufeinander folgenden Blitzschläge auf die Werkstätte eines Klempners, dessen Bude nahe an dem in der Nähe des Kirchenschiffes für den Blitzableiter angelegten und ausreichenden Bodenleitung darbietenden Brunnen gelegen war. In dieser Werkstätte waren sieben bis acht Personen anwesend; Gefässe von Weissblech oder Zink hingen in ziemlich grosser Anzahl an den Wänden; lange Eisenstangen standen in der, einem der Ableiter nächsten Ecke gegen die Mauer gelehnt. Was aber noch weiter zur Erklärung dieses Ereignisses als wesentlich erscheint, das ist der Umstand, dass hinter der Werkstätte des Klempners, dicht neben den beiden Ableitern (?), die sich an der Mündung des Brunnens vereinigen, eine grosse Masse von Blei und Eisen angehäuft war, etwa 2000 Kilogramm, herstammend von den kleinen Dächern des Kirchenschiffes, die man später mit Kupfer belegt hatte. Diese Metallstücke waren wie ein Holzstoss aufeinander gelegt, und boten ein scheinbares Volum von ungefähr 2 Cubik-

metern. Ob aber einige Bleiplatten etc. etc. den Ableiter berührten, wurde von den Berichterstattern dieses Ereignisses bloss vermuthet, konnte aber nicht nachgewiesen werden, weil bei ihrer Ankunft die Arbeitsleute schon einen grossen Theil der Metallplatten fortgetragen hatten, um die Mündung des Brunnens frei zu machen.

§. 43. Ueber Blitzableiter an Schiffen.

Ich beabsichtige nicht, diesen Gegenstand in ähnlichem Umfang zu erörtern, wie diess im Vorhergehenden für Blitzableiter an festen Bauwerken geschehen ist. Es sollen vielmehr bloss die Methoden im Allgemeinen bezeichnet werden, die man vorzüglich bei Schiffen bis jetzt in Anwendung brachte, während bezüglich der speciellen Anordnungen auf die Arbeiten Harris' verwiesen werden muss, der diesen wichtigen Gegenstand schon seit einer Reihe von mehr als 30 Jahren seiner Ausbildung entgegenzuführen bemüht war [63].

Die ersten Blitzableiter an Schiffen wurden auf Franklin's Anrathen dadurch bewerkstelliget, dass man über den Hauptmast eine metallene Spitze hervorragen liess, und von dieser aus einen Metalldraht längs des Tauwerks des Schiffes über Bord bis ins Wasser herableitete. Watson schlug im Jahre 1762 in einem Briefe an den Admiral Anson hiefür einen kupfernen Draht von der Dicke eines Federkiels vor, der mit den Spindeln und dem Eisenwerke der Masten in Verbindung zu setzen, bis aufs Verdeck herab zu lassen, und von wo aus eine bequeme Richtung bis ins Meer aufzusuchen sei [63].

Die auf diese Weise zu Stande gekommenen Schiffs-Blitzableiter waren beweglich; sie wurden bei Eintritt eines Gewitters immer erst in Anwendung gebracht, und sonst in einer Kiste aufbewahrt, um sie zur rechten Zeit von dem Maste aus in die See herablassen zu können. Anfangs bestanden dieselben aus eisernen Ketten; später wendete man in der englischen Marine Ketten aus Kupferdraht an. Es wurde schon oben bei mehreren Gelegenheiten erwähnt, dass solche kettenförmige Leiter bloss einen starken Blitzschlag unschädlich zu machen vermochten, indem dieselben auf bedeutende Längen abgeschmolzen wurden, und ausserdem konnten sie niemals einen sicheren Schutz bieten, weil eine Kette nur als unterbrochener Blitzableiter angesehen werden kann, und im influencirten elektrischen Zustande alle Einwirkungen eines unterbrochenen Leiters auf benachbarte Leiter auszuüben vermag.

Solche bewegliche Ableiter wurden insbesondere deshalb benutzt, weil die Masten, die einzigen Theile, an welchen sie befestiget werden können und müssen, verschiedenen Aenderungen unterworfen sind, und sogar es oft nothwendig wird, die Hauptmaste ganz wegzulassen, und auf das Verdeck zu legen. Das Anbringen beweglicher Ableiter kann aber oft, wenn es nicht frühzeitig genug geschieht, während des Gewitters sehr gefährlich werden, und ausserdem sind sie den Schiffsmanövern hinderlich.

Die akademische Commission zu Paris vom Jahre 1823 hatte zwar die beweglichen Blitzableiter noch beibehalten, aber Metallseile statt der kupfernen Ketten in Vorschlag gebracht. Die Auffangstange ist (*Fig. 68*, Seite 171) in

einen runden Eisenstab eingeschraubt, welcher in die Endspitze der Bramstange eintritt, und eine Windfahne trägt. Mit dem Fusse dieses Eisenstabes (*A*) ist ein anderer *B* ... verbunden, der längs des Mastes hinabgeht, und sich in einen Haken oder Ring (bei *C*) endiget, der zur Aufnahme des seilförmigen Ableiters bestimmt ist. Dieser wird in passenden Abständen durch ein Tauwerk getragen, und nachdem er durch einen an der Strickwand befestigten Ring geleitet ist, mit einer Metallstange oder Metallplatte vereiniget, die mit dem Kupferbeschlag des Schiffes in Verbindung steht. An Schiffen von geringer Länge soll ein Ableiter am grossen Mast errichtet werden; auf anderen hingegen noch ein zweiter am Fockmast. — Die neuere Commission vom Jahre 1854 hielt manche Aenderungen vorzuschlagen für nöthig. Vor allem hielt sie die ausschliessliche Anwendung des Rothkupfers (*cuivre rouge*) für nothwendig, womit wahrscheinlich gemeint war, dass das Messing für diese Zwecke sich nicht eigne. Der Ableiter soll aus einem kupfernen Drahtseil bestehen, von welchem die Einzeldrähte die Dicke von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Millimeter ($0''',44$ bis $0''',66$) haben, und von dem jeder laufende Meter des Seiles beiläufig 900 Gramm, also 100 Meter 90 Kilogramm wiegen soll (folglich das Gewicht eines Fusses beiläufig 291,7 Gramm beträgt, ein Gewicht, das nach unserer Formel für eine Leitung von etwa 275 Fuss Länge gewählt werden müsste). Die Auffangstange brauche mit ihrer Spitze keine grössere Länge, als einige Decimeter (1 Decimeter = 44,3 Par. Linien) zu haben, aber ihre Verbindung mit dem Drahtseile müsse in fester Weise durch Zinnloth (*souture à l'étain*) in der Werkstätte hergestellt werden. Ausserdem müsse die Auffangstange mit ihrem Träger fest verbolzt werden. An seinem unteren Ende müsse das Seil mittelst Löthen mit einem Kupferstücke von passender Form verbunden werden, das in permanenter Weise mit der Spiekerhaut des Schiffes (*avec le doublage du navire*) in Verbindung zu setzen sei. „Die öfters angewendete Maassregel, die Kette der Masten zu isoliren, sei unnütz, und die Gewohnheit, sie im Augenblicke des Gewitters in das Meer zu werfen, sei gefährlich, denn erstlich könne diess vergessen werden, und zweitens genüge es nicht, dass die Kette mit einer Fläche von 2 bis 3 Quadratcentimetern mit dem Meerwasser in Verbindung stehe."

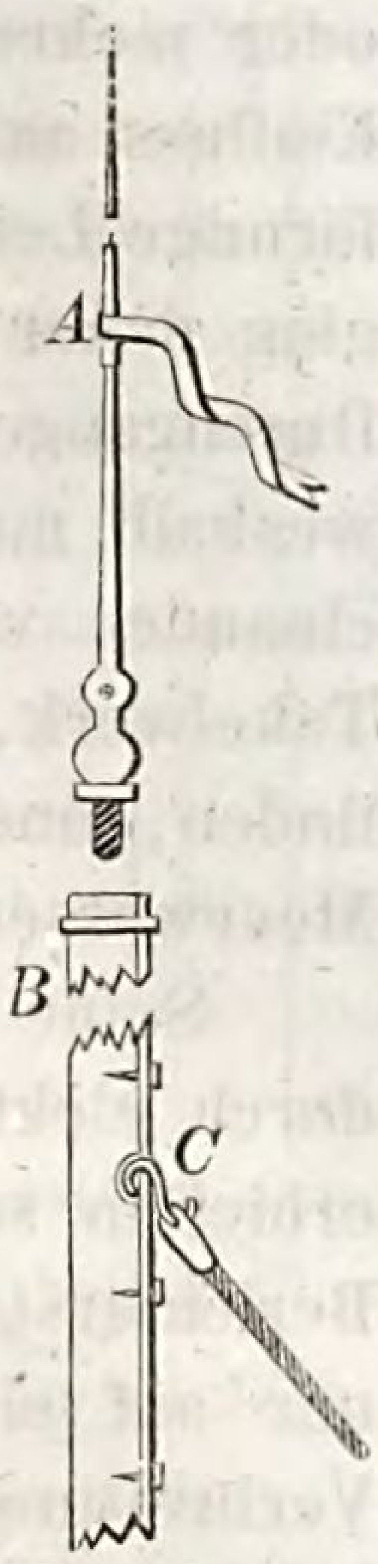


Fig. 68.

Schon seit dem Jahre 1822 beschäftigt sich Snow Harris damit, die Blitzableiter an Schiffen so anzuordnen, dass sie in fester Verbindung mit dem Schiffe bleiben können, die Bewegung eines Theiles des Mastes auf dem anderen gestatten, und im Falle irgend ein Theil des Mastes durch einen Unfall oder absichtlich entfernt würde, der noch übrige Theil des Blitzableiters in brauchbarem Zustande verbleibe. Die Grundsätze, von denen Harris bei seinen Anordnungen ausgeht, weichen im Allgemeinen von den für Blitzableiter von uns angenommenen nicht ab. — Die Versuche, welche er zur Benutzung der von ihm angesammelten Dokumente über Blitzschläge an Schiffen anstellte, führten Harris zu den Folgerungen, dass die elektrische Entladung immer nach der Richtung des geringsten Widerstandes erfolge, dass seitliche Erweiterungen eines

oder mehrerer in guter metallischer Verbindung stehender Conductoren keinen Einfluss auf den Weg haben, den die Entladung nimmt, endlich, dass kettenförmige Leitungen sehr leicht Gefahr bringend werden können. — Seine Absicht ging daher dahin, den Blitzableiter an Schiffen so zu construiren, dass beim Durchgange der Elektricität der möglichst geringste Widerstand sich darbiete, weshalb man Metallplatten anwenden müsse, die in metallischer Continuität unter einander verbunden sind, an den Mastspitzen, den Masten, Segeln und dem Takelwerk, sowie überhaupt an allen Theilen des Schiffes angebracht sich befinden, und durch die äussere kupferne Belegung des Schiffes stets mit dem Meerwasser in bleibender und vielfacher Verbindung stehen.

Seine Anordnungen, von deren Wirksamkeit er die englische Admiralität durch elektrische Versuche auf dem Schiffe Caledonia zu überzeugen vermochte, erhielten schon im Jahre 1823 die Anerkennung der Royal Society durch ihre Berichterstatter Wollaston und Humphry Davy. Jedoch wurden sie damals nur auf einer geringen Zahl von Schiffen ausgeführt, und ihrer allgemeinen Verbreitung mag insbesondere der Kostenpunkt hindernd in dem Weg gestanden haben, da im Allgemeinen ein Blitzableiter nach Harris' Grundsätzen z. B. für ein Schiff mit 120 Kanonen mehr als hundert Mal so viel kostete, als ein — allerdings unbrauchbarer — beweglicher Ableiter. Erst im Jahre 1839 wurde der häufigen Blitzschläge an Schiffen halber die nähere Untersuchung der festen Ableiter, und insbesondere jener von Harris von der britischen Admiralität angeordnet, und diese Untersuchung einem Comité übergeben, bestehend aus den Contre-Admiralen Griffith und James Gordon, dem Capitän J. C. Ross, Professor Daniell, dann den Schiffsbaumeistern Fincham und Cliston, und wobei noch ausserdem die Prof. Paraday und Wheatstone mit berathender Stimme zur wissenschaftlichen Prüfung beigezogen worden waren. Diese Commission nahm weder die Vorschläge, durch welche beabsichtiget wurde, mittelst Anwendung von Metallseilen die Schiffe gegen Blitzschläge zu schützen, noch die an, bei welchen die Ableiter aus Kupferröhren bestehen sollten, sondern entschied sich lediglich unter Einführung einiger Vereinfachungen, welche die Kosten der Ableiter von Harris etwas verringerte, für diese letzteren. Die Leitung besteht an dem Blitzableiter von Harris aus Streifen von Kupferblech von etwa 4 (engl.) Fuss Länge, von welchen immer zwei zusammengenietet werden, und wobei im Allgemeinen der äussere $1/8$ Zoll, der innere Streifen $1/16$ Zoll dick ist, zuweilen aber jeder die eine oder die andere Dicke hat. Ihre Breite beträgt bei den Hauptmasten 4 bis 5 Zoll, bei den Nebenmasten 3 Zoll, und an den Spieren $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll. Die Platten werden so zusammengenietet, dass sie einen langen continuirlich angeordneten Streifen (*Fig. 69*) bilden. Dieser Conductor wird unter den Kanten einer Furche angebracht, welche an der hinteren Seite der Maste nach der Länge der letzteren ausgehöhlt wird, und in dieser Anordnung durch kupferne Nägel befestiget. (In *Fig. 70* [Seite 173] bedeuten die gestrichelten Linien die Richtung der Leitung.) Auf der Spitze der Masten ist eine Kupferhaube angebracht, an

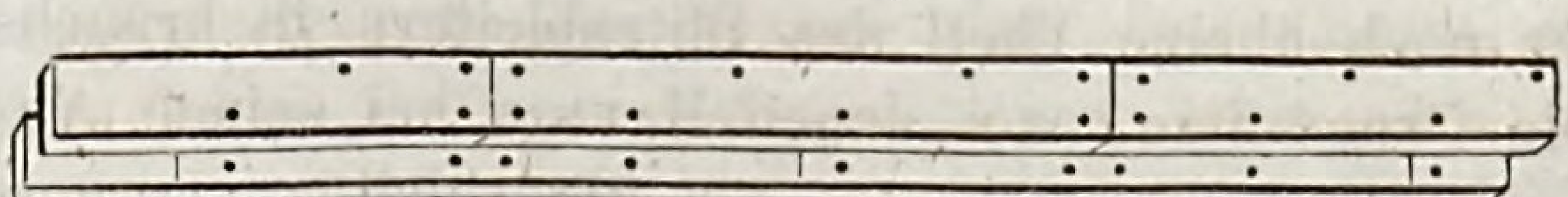


Fig. 69.

der ein Kupferstab um ein Charnier beweglich ist, und gegen die Leitung sich lehnt. Die Leitung ist von der Spitze des Mastes längs der hinteren Seiten des Königsmastes und der Bramstange (*Top-gallant-mast*) herabgeführt, und steht hiebei mit den Scheibenlöchern in Verbindung. Durch einen kupfernen Streifen an der hinteren Seite des Cap, durch welches der Topmast gleitet, wird die Verbindung an die hintere Seite des Topmastes, und von da ab bis zum Mastblocke geführt. Hier trifft die Leitung mit einem weiteren dicken, breiten, kupfernen Streifen zusammen, welcher unter der Ferse des Mastes (*Fig. 71*) um den Mastblock geht, und auf einer an der Kielschwinne befestigten Kupferschichte ruht. Diese steht mit einigen der Kielschwinnebolzen und mit anderen Bolzen in Verbindung (*Figg. 71* und *72*), die mit dem, den Boden umkleidenden Kupfer in Berührung stehen.

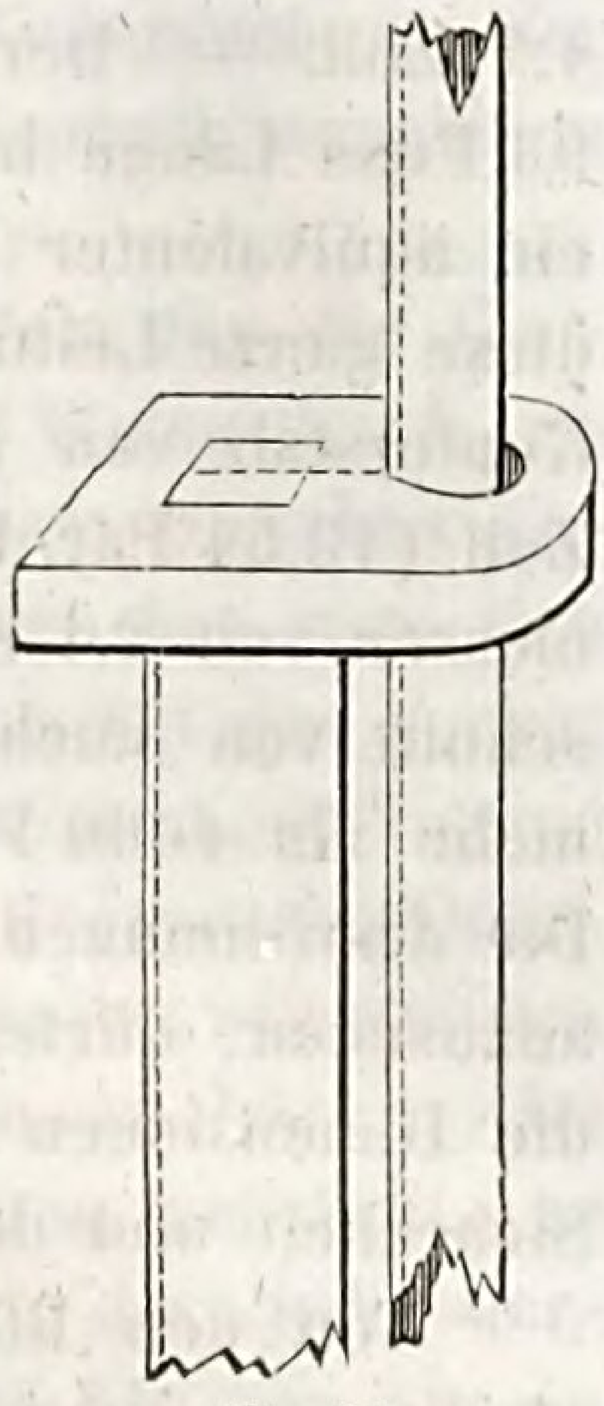


Fig. 70.

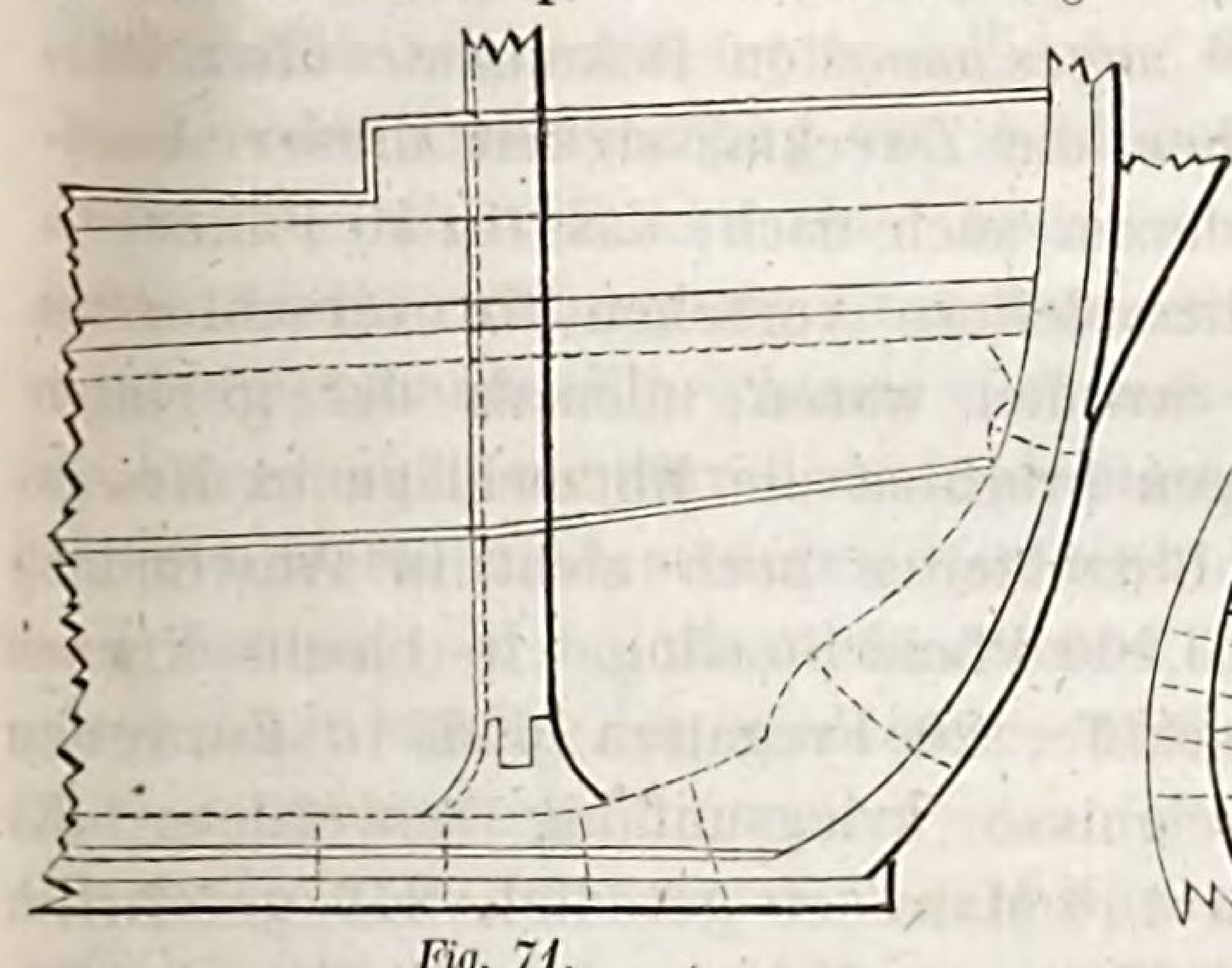


Fig. 71.

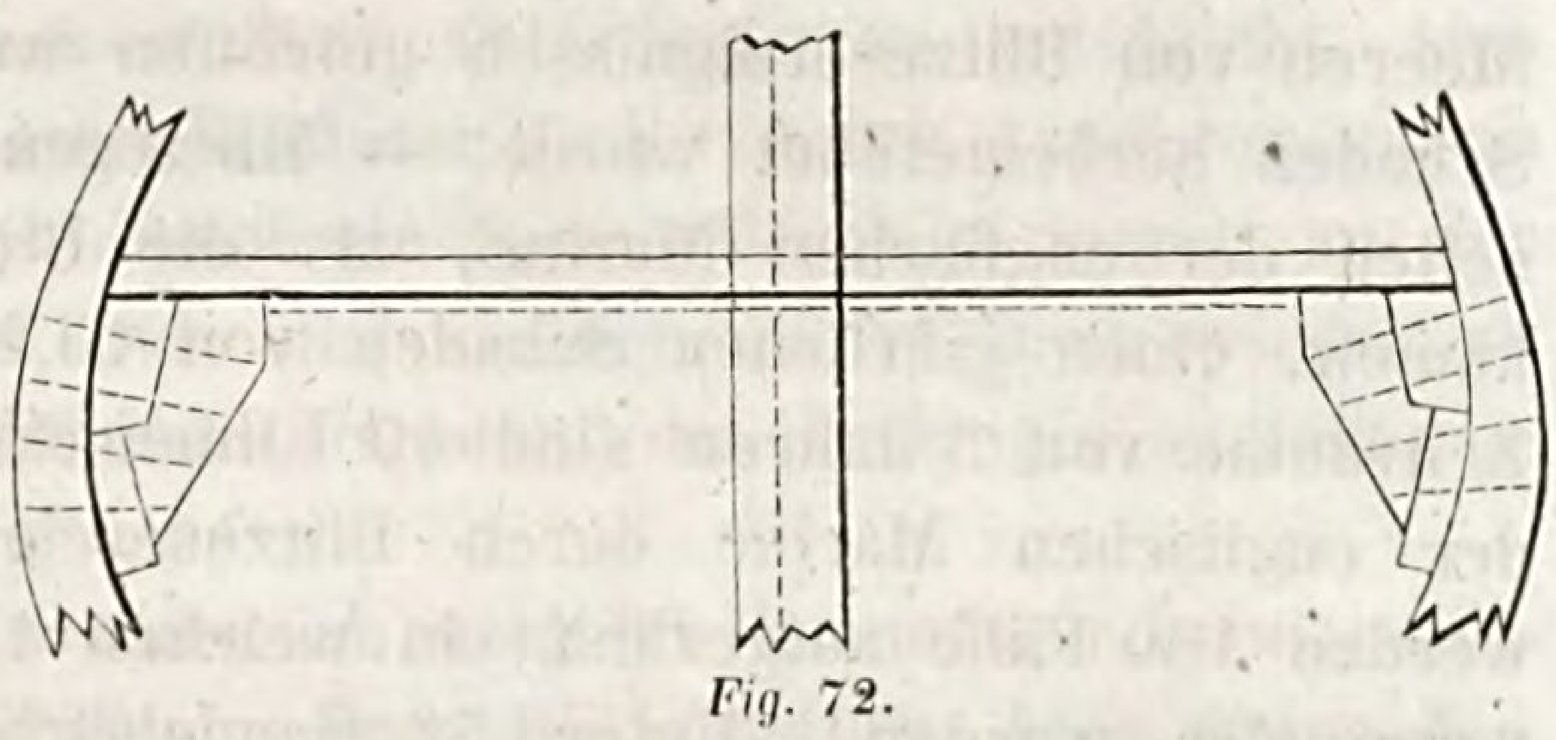


Fig. 72.

Bei seinen Blitzableitern sucht Harris einen möglichst grossen Querschnitt sowohl, wie eine bedeutende Oberfläche der Entladung eines Blitzschlages darzubieten. Diese Umstände haben seine Einrichtung sehr kostspielig gemacht. Nach der ursprünglichen Anordnung, wie sie zwischen den Jahren 1824 bis 1832 an etwa 15 Schiffen der englischen Marine ausgeführt worden sein soll, waren die Leitungsplatten für die Masten in einer Weise angeordnet, wie sie aus der von Snow Harris für eine Fregatte von 50 Kanonen gegebenen Zusammenstellung ersichtlich ist.

Hiernach war für den Königsmast (*Royal-pole*) der Ableiter 18 Fuss 3 Zoll (engl.) lang, hatte eine Breite von 2 Zoll (engl.), und jede der beiden an einander genieteten Platten war $^1/_{16}$ Zoll dick. Eine cylindrische Kupferstange von derselben Leitungsfähigkeit müsste also einen Durchmesser von 0,56 Zoll (engl.) haben. — Der Ableiter an der Bramstange (*Top-gallant-mast*) von 17 Fuss Länge hatte eine Breite von $2^1/_2$ Zoll; die eine der beiden Platten war $^1/_8$ Zoll, die andere nur halb so dick. Ein dieser Leitung äquivalenter Kupferstab müsste den Durchmesser 0,77 Zoll haben. — Die am Topmast angebrachte Leitung von 50 Fuss Länge hatte eine Breite von 4 Zoll; jede der beiden Platten war $^1/_8$ Zoll dick, und der Durchmesser des äquivalenten Kupferstabes beträgt daher

1,1 Zoll. — Der am untersten Mast (*Lower-mast*) angebrachte Ableiter von 93 Fuss Länge hatte eine Breite von 6 Zoll, jede der Platten war $1/_8$ Zoll dick; ein äquivalenter Kupferstab würde die Dicke von 1,38 Zoll haben müssen. Für diese ganze Leitung von etwa 180 engl. Fuss Länge würde sohin ein cylindrischer Kupferstab von gleicher mittlerer Leitungsfähigkeit den Durchmesser 1,2 engl. Zoll (13,51 Par. Linien), und eine demselben äquivalente Eisenstange den Durchmesser von 2,4 engl. Zoll (beiläufig 27 Par. Linien) haben müssen. Ein Querschnitt von solcher Grösse, der nach unseren Grundsätzen für eine Leitung von mehr als 1000 Fuss Länge genügen würde, ist jedenfalls viel zu beträchtlich. Die Anordnungen HARRIS' für Blitzableiter an Schiffen sind zwar als sehr sinnreich anzusehen, dürfen aber immer noch als zu kostspielig bezeichnet werden, indem die Dimensionen noch eine bedeutende Verringerung zuliessen, ohne dass die Sicherheit und der Schutz, den solche Ableiter darbieten, beeinträchtiget würde.

Von den Blitzableitern nach HARRIS' Einrichtung wird bei der englischen Marine nunmehr schon seit etwa 20 Jahren grössere Anwendung gemacht. Die von HARRIS in seinem neueren Werke [64] angesammelten Dokumente über Blitzschläge, die auf der See vorkamen, haben die Zweckmässigkeit dieser Anordnungen bestätiget, und weisen unter Anderem auch nach, dass in 40 Fällen, wo Schiffe, die nach diesem System mit Blitzableitern versehen, in verschiedenen Meeren von Blitzesereignissen getroffen worden waren, niemals der geringste Schaden herbeigeführt wurde. — Hingegen brachten die Blitzschläge in Kriegszeiten der englischen Marine, als die Blitzableiter noch nicht in Anwendung kamen, einen jährlichen Schaden von 10,000 Pfund Sterling. In einem kurzen Zeitraume von 5 Jahren sind 40 Linienschiffe, 20 Fregatten und 10 Corvetten der englischen Marine durch Blitzesereignisse kriegsunfähig geworden. Es werden 150 Fälle aufgezählt, in welchen 100 Matrosen getödtet, 250 gefährlich verwundet wurden. Unter 54 Handelsschiffen, welche vom Blitze getroffen wurden, waren wenigstens 18 gänzlich verloren. Unter solchen Umständen müssen die von HARRIS getroffenen Einrichtungen, die bei der grossen Ausstellung im Jahre 1851 mit dem ersten Preis gekrönt wurden, als ein wohlthätiges Schutzsystem betrachtet werden, das bei eintretenden Gewittern auf dem Meere jede Sicherheit darzubieten, die Erfahrung für sich hat.

§. 44. Ueber die Untersuchung der Blitzableiter an festen Bauwerken.

Indem ich nunmehr meine Betrachtungen über die Construction von Blitzableitern als abgeschlossen ansehe, muss ich bemerken, dass detaillirte Erörterungen, die hier nicht zur Sprache gekommen sind, in specielle Instructionen, welche für die bei Anlegung von Blitzableitern zu berücksichtigenden Maassregeln von den technischen Behörden verfasst werden, gehören *. Es bleibt

* Was die Einrichtung der Blitzableiter für Telegraphenleitungen etc. betrifft, so kann hier nur einstweilen bemerkt werden, dass dieselben in ganz einfachen Anordnungen bestehen, welche wohl die Ausgleichung von starken elektrischen Entladungsströmen, nicht aber die derjenigen Stromquellen zulassen, welche in der Telegraphentechnik zur Anwendung kommen, dass aber die speciellen Erörterungen hierüber nicht diesem Kapitel angehören, sondern erst im Abschnitte über Telegraphie ihre Berücksichtigung zu finden haben.

daher nur noch zu betrachten übrig, in welcher Weise die Untersuchung der Blitzableiter vorgenommen werden muss, wenn man mit Sicherheit annehmen soll, dass sie zweckentsprechend angelegt worden sind.

Geht man die in den einzelnen Paragraphen dieses Kapitels für die Construction der Blitzableiter aufgestellten Grundlagen in gehöriger Weise durch, so findet man alle Umstände, welche bei der Untersuchung der FRANKLIN'schen Apparate ins Auge zu fassen sind. Bei neu anzulegenden Ableitern hat man sich ohnehin an alle hiefür betrachteten Anordnungen zu halten. Man hat also vorher die geeigneten Materialien auszuwählen, das Material der Leitung auf seine specifische Leitungsfähigkeit zu untersuchen, und darnach die Grösse des Querschnittes der Leitung zu bestimmen, und hierauf die Anordnungen, wie sie bereits umfassend betrachtet worden sind, in Ausführung bringen zu lassen. Ist die Anlegung der Blitzableiter an einem Gebäude zur Vollendung gebracht, so hat man endlich durch einen überzeugenden Versuch darzulegen, dass jeder derselben für sich sowohl, als auch in seiner Verbindung mit allen übrigen als ein continuirlich angeordneter metallischer Leiter angesehen werden kann.

Bei der Untersuchung von bestehenden Blitzableiter-Einrichtungen hat man wieder dieselben Punkte ins Auge zu fassen, wie sie bei einer neu herzustellenden Einrichtung als Grundlage dienen; man hat dann ferner, wenn eine solche bestehende Einrichtung den aufgestellten Anforderungen entspricht, sich zu überzeugen, ob durch atmosphärische Einflüsse, oder durch Aenderungen an dem Bauwerke, oder durch sonstige Umstände keine Beschädigungen an der Construction mit der Zeit eingetreten sind, und endlich bleibt dann wieder zu untersuchen übrig, ob das ganze Blitzableitersystem die verlangte metallische Continuität besitzt.

Diese Untersuchung ist es nun, welche ich noch zu betrachten habe, während alle übrigen Vorschriften zur Prüfung eines Blitzableiters hier keine Berücksichtigung mehr zu finden haben.

Um diese Untersuchung in zweckmässiger Weise vorzunehmen, und aus ihrem Resultate brauchbare Schlüsse ziehen zu können, wollen wir das Princip anführen, das bei der Einrichtung der Blitzableiter als einer der wichtigsten Ausgangspunkte zur Anwendung kommen muss. Soll nämlich ein Blitzableiter bei eintretenden Blitzesentladungen seine schützende Wirksamkeit ausüben können, so muss das System der metallischen Bestandtheile, aus denen er zusammengesetzt ist, als Schliessungsleiter der stärksten Entladungsströme, die bei Blitzesereignissen nach den bis jetzt gewonnenen Erfahrungen vorgekommen sind, dienen können, ohne dabei irgend welche mechanische, Licht- oder Wärmewirkungen auf der ganzen Strecke, auf welche er sich ausdehnt, an irgend einer Stelle zu erfahren. Dieses Princip seiner ganzen Ausdehnung nach für den in Rede stehenden Zweck in Anwendung zu bringen, ist aus nahe liegenden Gründen nicht möglich. Uebrigens erscheint diess auch nicht als nothwendig, da wir zu der Annahme berechtiget sind, dass wenn das ganze System der Leitung den gehörigen Querschnitt hat, sowohl die mechanischen, als auch die Wärmewirkungen nicht auftreten werden, dass hingegen ein Blitzableiter, wenn an ihm, bei stattfindenden Entladungen, Lichterscheinungen auf-

treten, auf seine Umgebung gefährliche Einwirkungen ausüben könnte. Solche Lichterscheinungen treten aber nur an solchen Stellen der Leitung etc. auf, wo die metallische Verbindung entweder mangelhaft, oder unterbrochen ist. Auf diese Eigenschaften nun den Blitzableiter zu untersuchen, ist der eigentliche, oben erwähnte Zweck dieser Besprechung. „Schaltet man den Blitzableiter in eine Volta'sche Stromquelle als Schliessungsleiter ein, so müssen dieselben Einwirkungen auf ein in der Kette befindliches Rheometer, oder wenigstens nahezu die gleichen erhalten werden, die man wahrnimmt, wenn man anstatt des Blitzableiters einen seiner Leitungsfähigkeit äquivalenten Leiter setzt."

Als Volta'schen Rheomotor kann man irgend eine der bekannten hydroelektrischen Ketten benutzen. Ohne auf die näheren Erörterungen über die Volta'schen Ketten, die in den nächstfolgenden Abschnitten ohnehin oft zur Sprache kommen, hier weiter einzugehen, schlage ich vor, für den in Rede stehenden Zweck eine Kupferzinkkette mit gewöhnlichen Diaphragmen anzuwenden.

In *Fig. 73* ist eine solche Kette für drei Elemente schematisch dargestellt. Das Gefäss (*K*), in welchem die Stromerreger für jedes der Elemente sich befinden, ist aus Kupfer, dessen Boden durch Hartloth mit der cylindrischen Seitenwand verbunden, und das an seiner Aussenfläche mit einem passenden Firniss überzogen, von Innen aber metallisch rein ist. An seinem oberen Ende ist das Kupfer mit einem daran gelötheten Kupferstreifen versehen. Als Diaphragma kann ein Thoncylinder genommen werden, der vom Boden aus auf etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Höhe mit Wachs getränkt ist. In dem Thoncylinder stehen Zinkstäbe zu 3 bis 4 Linien Dicke, die amalgamirt worden, und an ihren oberen Enden mit daran gelötheten Kupferdrähten versehen sind. Diese Drähte werden durch eine Schraubenklemme unter sich vereinigt, welche so eingerichtet ist, dass sie bei der Vereinigung der Elemente zu einer Säule auch dienlich sein können. Eine solche Schraubenklemme ist in *Fig. 74* in wirklicher Grösse dargestellt. Die Vereinigung der Elemente unter sich geschieht in der Weise, wie diess in *Fig. 73* für drei Elemente angedeutet ist. Durch Verbindung der Polenden $+P$ und $-P$ mittelst metallischer Leiter wird die Kette sodann geschlossen. Zur Verbindung metallischer Leitungsdrähte etc. unter sich kann man verschiedene Hülfsmittel anwenden; es sind zu diesem Zwecke einige solche Mittel in *Figg. 75* bis *77* (Seite 177) abgebildet, wie sie in wirklicher Grösse zur Anwendung kommen können. In *Fig. 77* ist eine federnde eiserne Klemme für solche Zwecke dargestellt. (Andere Verbindungsmittel werden unten noch erwähnt werden.) —

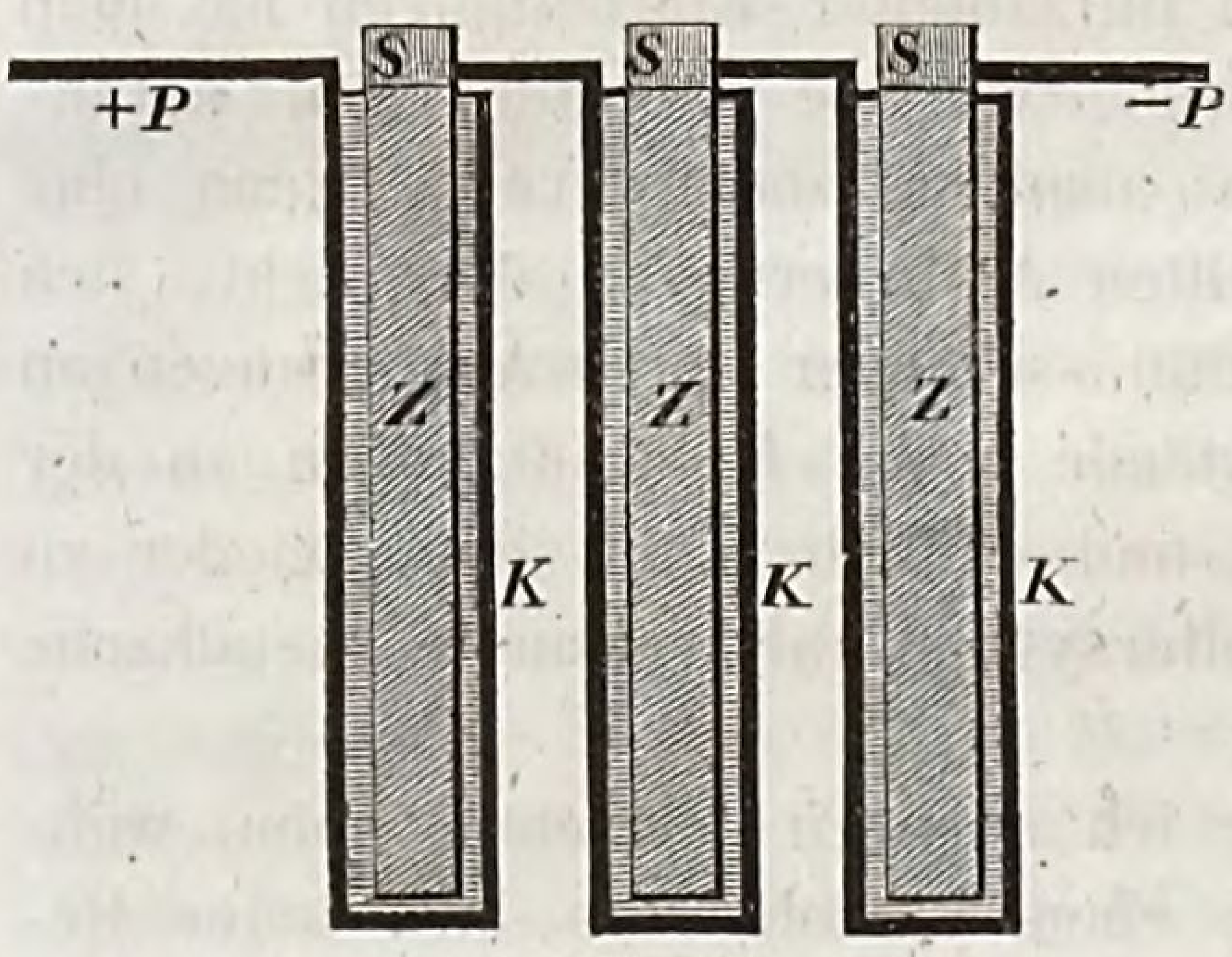
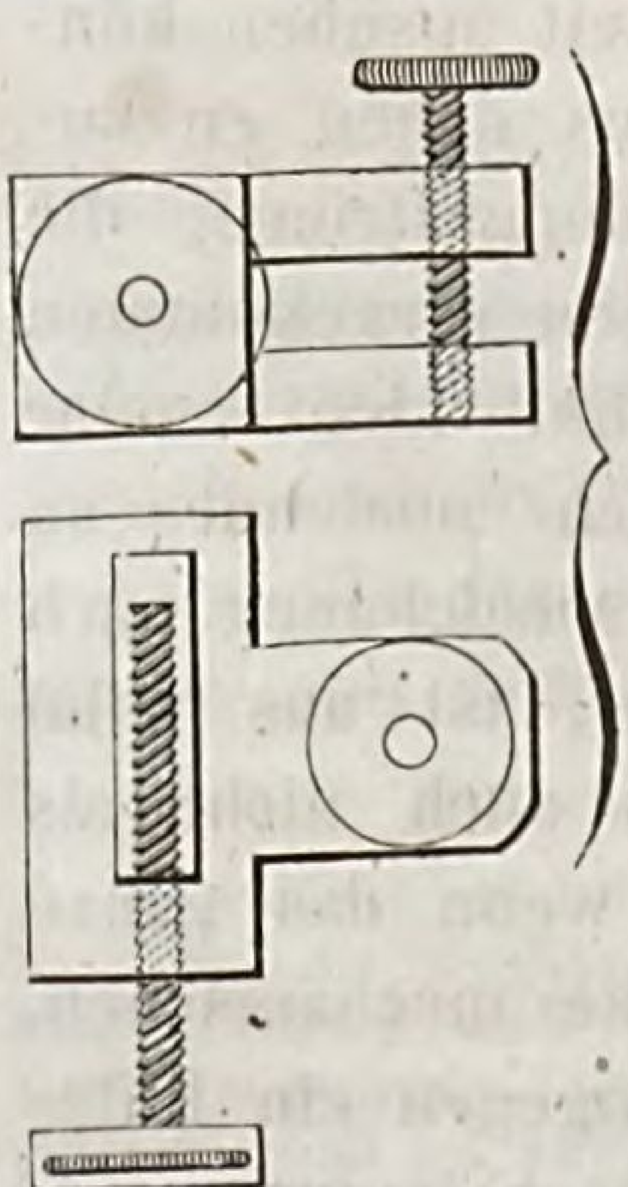


Fig. 73.


Fig. 74.

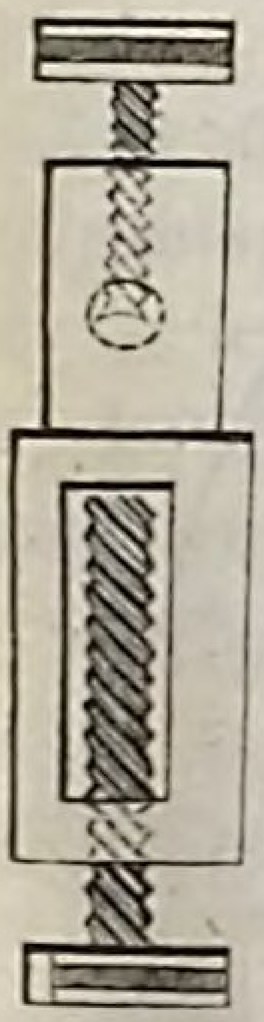


Fig. 75.

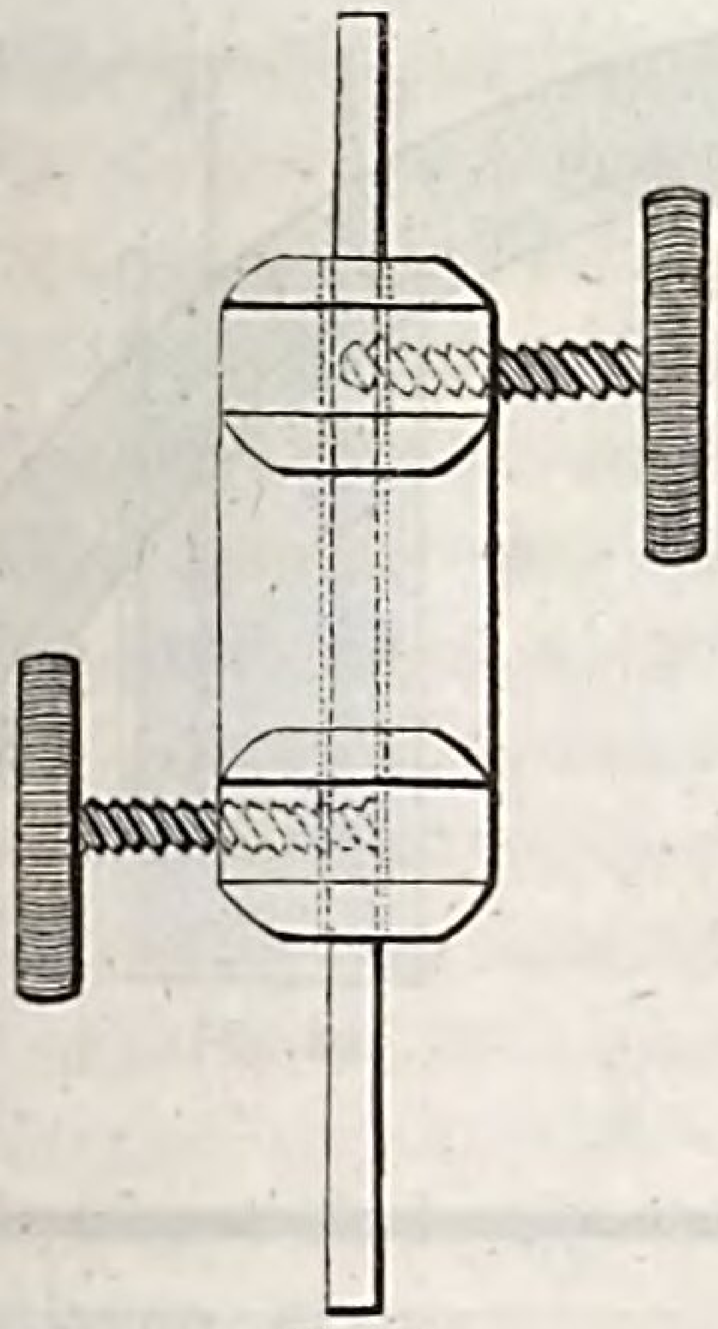


Fig. 76.

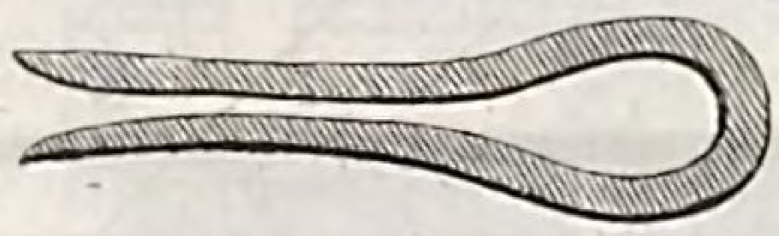


Fig. 77.

Was die Grösse der VOLTA'schen Elemente betrifft, so reicht es aus, wenn die Höhe eines solchen etwa 5 Zoll, der Durchmesser des Kupfercylinders 2 bis 3 Zoll ist. Werden sechs solche Elemente in einen hölzernen und zur Aufnahme derselben mit getrennten und isolirenden Zellen versehenen Kasten gebracht, oder verwendet man hiefür einen ähnlichen Trog aus Guttapercha, so kann man die Kette leicht transportabel einrichten, und mit einer aus sechs Elementen zusammengesetzten Kette reicht man bei vorliegendem Zwecke für alle vorkommenden Fälle aus. — Als Anregungsflüssigkeiten kann man verdünnte Schwefelsäure benutzen, die man durch Mischung von Regenwasser mit dem achten oder zehnten Gewichtstheile reiner Schwefelsäure erhält. — Als Rheomotor reicht für den besagten Zweck ein Multiplicator aus, wie ein solcher in *Fig. 78* (Grundriss) und *Fig. 79* (verticaler Durchschnitt [Seite 178]) in wirklicher Grösse dargestellt ist.

Der Draht AB der Windungen an diesem Multiplicator ist aus Kupfer, mit Seide übersponnen, und etwa $^1/_4$ Linie dick, und in der Mitte der Drahtlagen ist die Magnetnadel (NS, $N_, S_,$) so angebracht, dass sie, wenn die mittelst einer Messingfeder VW bewerkstelligte Arretirung aufgehoben ist, frei in einer Horizontalebene sich bewegen kann, wenn man den Boden des Gehäuses nahezu horizontal gestellt hat. Die Drahtenden des Gewindes endigen an den messingenen, an den Seiten des hölzernen Gehäuses angeschraubten Schraubenklemmen, die bei C zur Aufnahme von Kupferdraht eingerichtet sind, und wodurch man also den Multiplicator in die Kette einschalten kann. (Will man sich bei der Prüfung des Blitzableiters mit einer ganz rohen qualitativen Wahrnehmung begnügen, so ist ein Multiplicator gar nicht einmal hiezu nothwendig. Ein cylindrisches Glas [*Fig. 80*, Seite 179] von etwa 1 bis $1^1/_2$ Zoll Durchmesser und vielleicht 3 bis 4 Zoll Höhe fülle man etwa bis über die Hälfte mit angesäuertem Wasser an; durch einen Korkstöpsel, der in die Mündung genau passt, ziehe man zwei Kupferdrähte, an denen die Platindrähte P, P angelöthet sind, und befestige die Kupferdrähte in dem Stöpsel mittelst Siegellack, womit man noch ausserdem den Kork auf seiner oberen und unteren Seite überkitten kann, dann hat man, wenn bei A und B der Apparat in die Kette eingeschaltet wird, ein für solche Zwecke ausreichendes und gar nicht kostspieliges chemisches Rheoskop.)

In *Fig. 81* (Seite 179) finden wir einen Apparat dargestellt, der zum Abschätzen der wirklichen metallischen Continuität irgend eines Stückes der Leitung des Blitzableiters dienen kann, und auf dem zugleich eine Drahtrolle aufgewickelt sich befindet, die man mit einem Ende bis zu einer der Auffangstangen führen und mit dieser leitend verbinden kann. Die Anfertigungsweise dieses Apparates, der in der Gestalt, wie er hier gezeichnet, bekanntlich als Rheostat benutzt

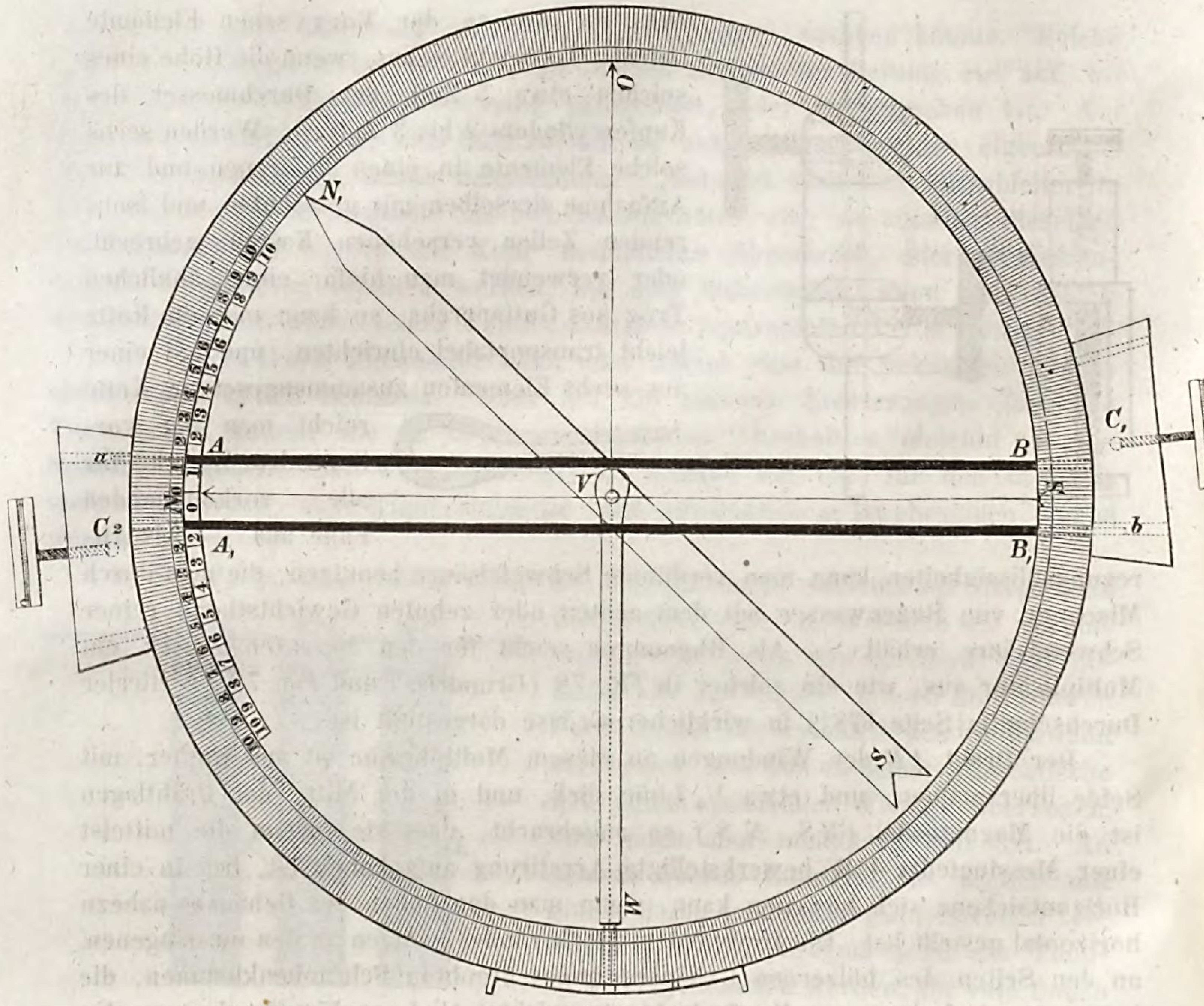


Fig. 78.

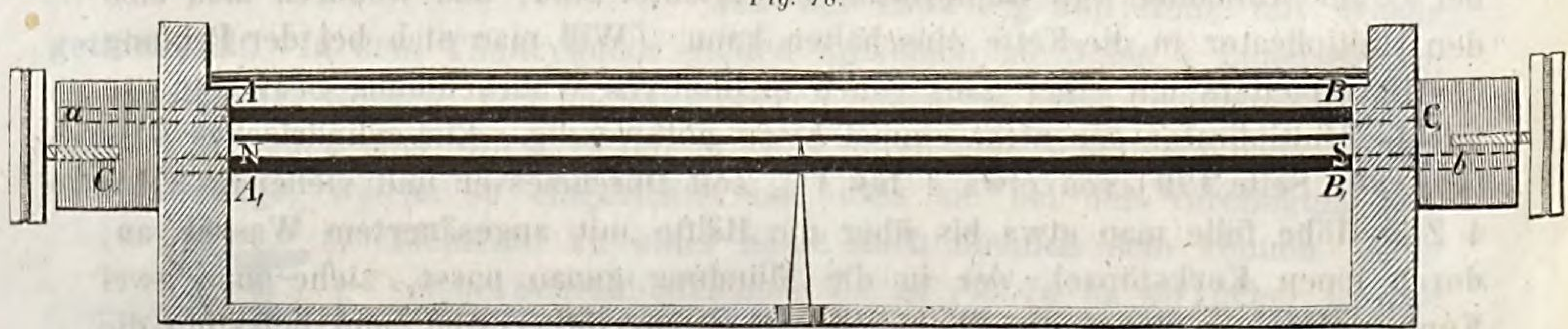


Fig. 79.

werden kann, ist unten näher beschrieben, und seine Einrichtung ist im Allgemeinen schon ohnehin leicht aus der Zeichnung zu erkennen. Auf der unteren Abtheilung des inneren Holzcylinders ist nämlich ein mit Baumwollengarn oder Seide übersponnener, etwa $^1/_5$ Linie dicker Kupferdraht von der gehörigen Länge aufgewickelt, der bei *d* mit einem Ende in metallischer Verbindung mit dem Messingring *E G* steht, und bei *I* mit seinem anderen Ende befestiget ist; von *I* aus kann man eine beliebige Länge desselben abwickeln, und nach geschehener Untersuchung wieder leicht aufwinden etc. (Wird der innere Holzcylinder mit einer cylindrischen Höhlung versehen, so dass man durch ihn eine passende

Axe stecken kann, so ist das Ab- und Aufwickeln der bei *I* geöffneten Drahtspule sehr leicht zu bewerkstelligen.)

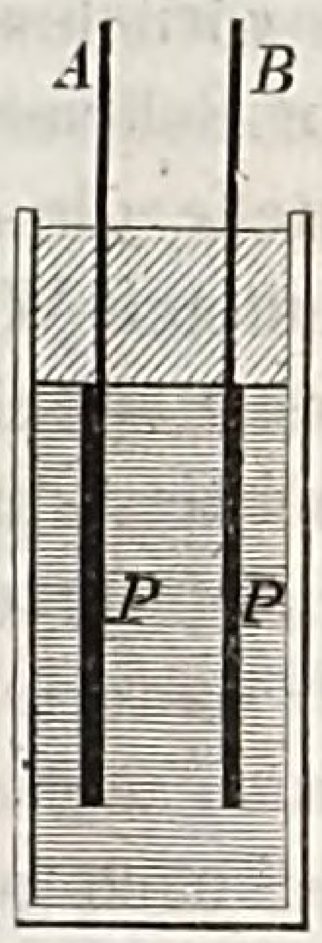


Fig. 80.

Auf der oberen Abtheilung *AE* des Holzcylinders sind mehrere Drahtlagen, etwa vier oder fünf aus Kupferdraht von $^1/_8$ bis $^1/_6$ Linie Dicke, der mit Seide gut umsponnen ist, so aufgewickelt, dass ein Ende einer jeden der sämmtlichen Drahtlagen mit der metallischen Hülle des Holzringes *EG* bei *d* in bester Verbindung steht. Die Längen dieser einzelnen Lagen sind unter sich verschieden, und zwar entspricht die erste einer Länge, welche vielleicht 100 Fuss der Leitung am Blitzableiter äquivalent ist, die zweite kann einer 150 Fuss, die dritte einer 200 Fuss langen Leitung etc. etc. äquivalent sein. Jedes der freien Enden geht in ein schmales Kupferplättchen aus, auf dem die Zahl 1, $1^1/_2$, 2 etc. etc. markirt ist, welche angibt, welcher Länge der Leitung (in Hunderten ausgedrückt) die betreffende Lage bezüglich ihrer Leitungsfähigkeit äquivalent ist. Eine solche Lage ist in *Fig. 81* bei *ADEF* angedeutet, und es ist ihr freies Ende bei *m* mit dem metallischen Ring, der auf *BCDA* angeschraubt ist, in Verbindung gesetzt, von wo aus eine metallische Führung bis zur Messingsäule *L* geht, die zur Aufnahme eines Kupferdrahtes bestimmt ist, um den Apparat in die Kette einschalten zu können. Diese einzelnen Drahtlagen wollen wir die Widerstandsrollen No. 1, No. $1^1/_2$, No. 2, ... No. 5 nennen. Der den Holzring *BCDA* zur Hälfte umschliessende Messingstreifen ist bei *a* mit einer (um *a* leicht drehbaren) Messingfeder *ab* versehen, welche in der Lage *ab* den Messingring *BD* mit dem über *EFGL* metallisch verbindet, hingegen in der Lage *ab'* diesen Contact aufhebt. (Eine ähnliche Contactfeder ist auch bei *dc* angezeigt, die aber für den vorliegenden Zweck gar nicht benutzt wird, und die wir uns daher stets in der Lage *dc,* denken wollen, wo sie keine metallische Verbindung herzustellen vermag.)

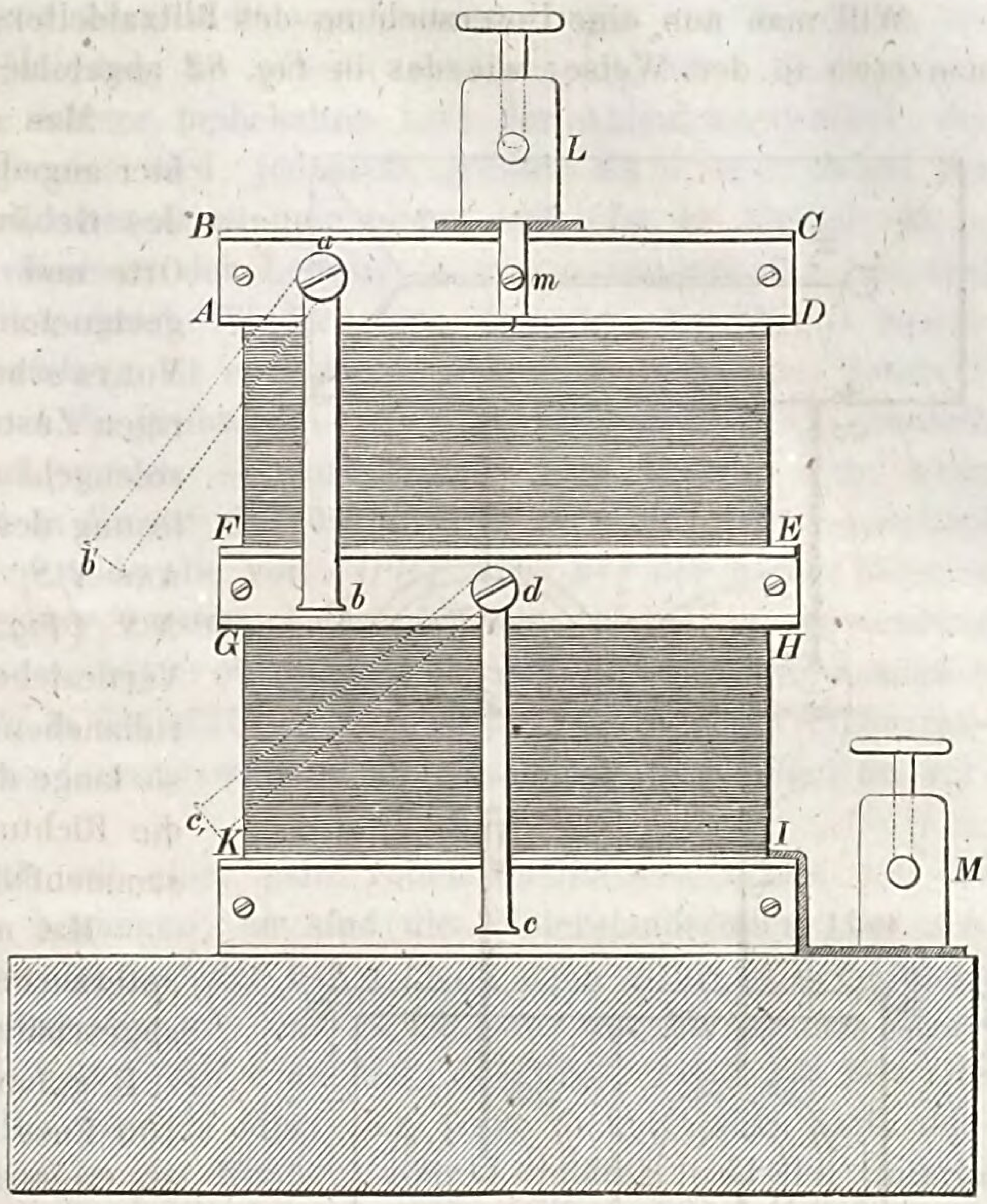


Fig. 81.

Will man nun eine Untersuchung des Blitzableiters vornehmen, so verfahre man etwa in der Weise, wie das in *Fig. 82* abgebildete Schema diess zeigt.

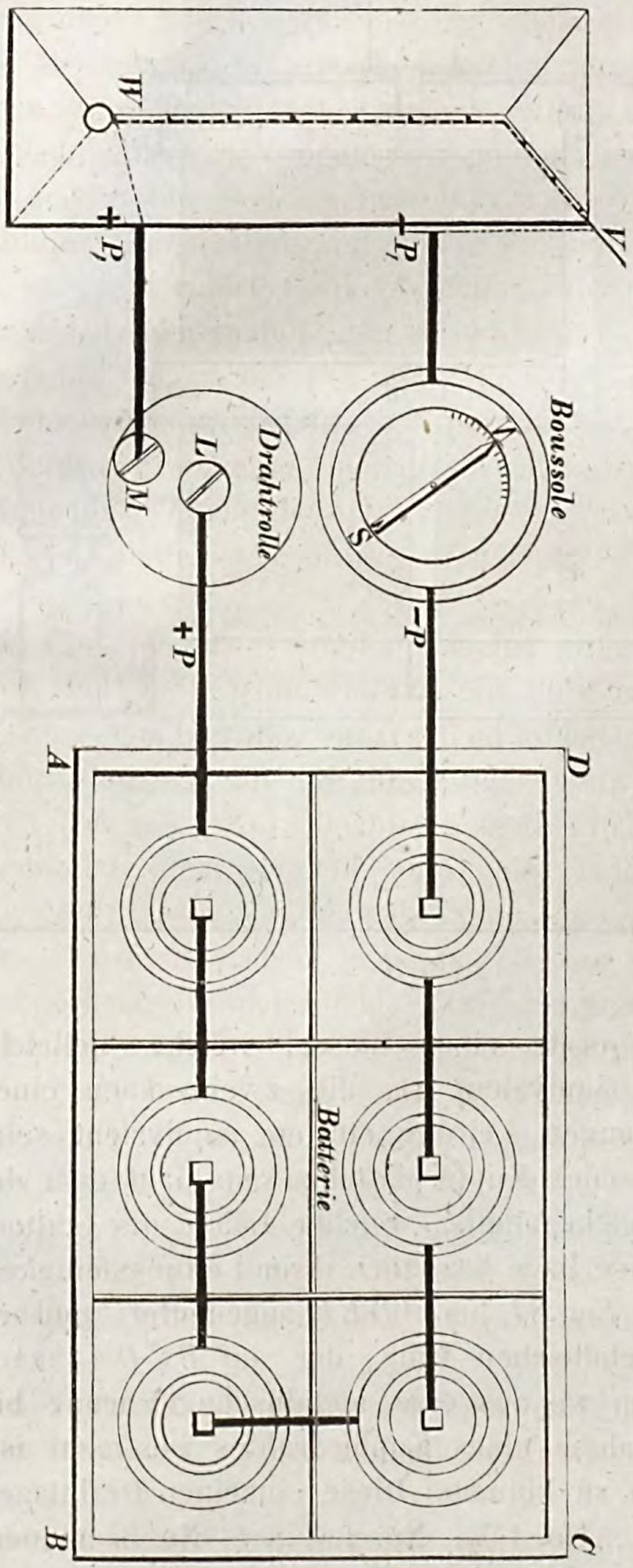


Fig. 82.

Man stelle die Apparate in der hier angedeuteten Weise in der Nähe des Gebäudes an einem passenden Orte und mittelst einer festen und geeigneten Unterlage auf, setze die Volta'sche Batterie in den gehörigen Zustand, und drehe das Boussolengehäus, nach geschehener Auslösung der Arretirung, so, dass die Axe $N_{,}S_{,}$ der Nadel in die Richtung NS (*Fig. 78*), also NS in die Verticalebene der magnetischen Meridianebene zu liegen kömmt, und so lange die Kette geöffnet ist, stets die Richtung der Nadel mit NS zusammenfällt.

Hat man nun die Länge des zu untersuchenden Blitzableiters nahezu abgeschätzt, oder gemessen, und z. B. gefunden, dass sie weniger als 100 Fuss beträgt, so bringe man die Contactfeder ab (*Fig. 81*) in die Lage ab', klemme bei m das freie Ende der Widerstandsrolle No. 1 ein (lasse, wie schon erwähnt, die Feder dc stets in der Lage $dc_{,}$), verbinde hierauf den Pol + P der Kette mit L (*Fig. 81*), den Pol — P mit $C_{,}$ (*Fig. 78*), ohne dabei die Boussole zu verrücken, klemme bei C_2 einen Kupferdraht ein, der so lang ist, dass derselbe bis zum unteren Ende der Leitung des Blitzableiters reicht, und führe aber jetzt das Ende dieses Drahtes bis zu M (*Figg. 81* und *82*), wo er eingeklemmt wird. Ist nun die Kette geschlossen, so wird die Nadel ihre Ruhelage verlassen, und an dem Gradbogen (*Fig. 78*) einen Ablenkungswinkel mit dem Ende $N_{,}$ anzeigen, den wir u nennen wollen. Hierauf löse man das Ende des Drahtes — $P_{,}$ von M ab, und verbinde ihn mit dem unteren Ende V der Leitung (*Fig. 82*). Die Contactfeder bei a (*Fig. 81*) bringe man in die Lage ab, und das Ende I der unteren Drahtrolle (*Fig. 81*) führe man bis in die Nähe der Spitze der Auffangstange bei W (*Fig. 82*),

wo ein metallischer Contact hergestellt werden muss. Ist nun hierdurch die Kette wieder geschlossen worden, so muss (vorausgesetzt, dass die Boussole ihre anfängliche fixe Lage immer beibehalten hat) der Ablenkungswinkel, der von N (*Fig. 78*) jetzt angezeigt wird, jedenfalls grösser als α sein, wenn der Blitzableiter ein rein metallisches Continuum bilden soll. Ist er kleiner als α, so ist die metallische Verbindung der Leitung irgendwo mangelhaft, und man hat die mangelhaften Stellen durch Wiederholung desselben Verfahrens auszumitteln. — Bei diesem Verfahren ist es jedoch nothwendig, dass die Stellen V und W zuerst angefeilt, und die Drahtenden des Schliessungsleiters mit Zinnloth an diesen Stellen angelöthet werden. — Auf ähnliche Weise verfährt man, wenn die Leitung des Blitzableiters länger als 100 Fuss ist etc., indem man jedesmal zur Untersuchung die Widerstandsrolle von $ADEF$ (*Fig. 81*) der nächst höheren Nummer, wie die Länge der Leitung selbst beträgt, hiebei in Anwendung bringt. — Diese Erörterungen mögen einstweilen hinreichen, indem wir bezüglich der näheren Details auf die in den nächsten Abschnitten enthaltenen Verfahrungsweisen zur Bestimmung von Leitungswiderständen in praktischen Fällen zu verweisen genöthigt sind.

Kann man sich jedoch mit einer ganz rohen qualitativen Probe bei der Prüfung des Blitzableiters begnügen, so sind die Widerstandsrollen (bei AE, *Fig. 81*) ganz unnöthig, die Contactfeder bei a bleibt dann während der ganzen Untersuchung in der Richtung von ab, und es ist dann nur die untere Drahtrolle allein nothwendig. Schaltet man dann diese Drahtrolle (GI, *Fig. 81*), indem man wieder I nach W (*Fig. 82*) führt, ein (oder benutzt man statt derselben irgend einen anderen langen Kupfer- oder Eisendraht, dessen unteres Ende mit $+P$ und dessen oberes Ende mit W [*Fig. 82*] verbunden wird), so muss die Nadel der Boussole eine Ablenkung erfahren, sobald man die Drahtenden bei V und W um die metallisch zugefeilten Stellen des Blitzableiters windet, etc.

Bei einer solchen ganz oberflächlichen Probe kann man jedoch statt der Boussole den Apparat *Fig. 80* anwenden. Man schaltet diesen in die Kette so ein, dass B und A beziehungsweise mit $-P$ und V (*Fig. 82*) in metallische Verbindung kommen, und man muss sodann, wenn die Leitung keine Unterbrechungen hat, in der Flüssigkeit des chemischen Rheoskops eine chemische Zersetzung des Wassers durch das Aufsteigen der Luftblasen bei $P_{\prime}P$ wahrnehmen. —

Findet man bei der Anwendung des einen oder des andern Verfahrens, dass die Leitung mangelhaft ist, so müssen die betreffenden Stellen ermittelt und sodann ausgebessert werden.

Bei Untersuchung der Bodenleitung muss man sich mit der oberflächlichen Probe begnügen; man steckt in der Nähe des Brunnenschachtes eine Eisenstange, etwa einen Erdbohrer, an der Stelle, wo die Bodenleitung endigen soll, in den Boden, und schaltet in der bereits angegebenen Weise das Stück der unterirdischen Leitung dadurch ein, dass man die Eisenstange mit $+P_{\prime}$ (*Fig. 82*) und V mit $-P_{\prime}$ verbindet. — Ausserdem wird es leicht sein, die Verfahrungsweisen auszumitteln, um jeden Blitzableiter an einem Gebäude, so wie seine Nebenleitungen mittelst der angeführten Methode prüfen zu können[65]. —

In welchen Fällen nun man sich der strengeren, in welchen aber der einfacheren unter den hier erwähnten Prüfungsmethoden bedienen soll, will ich nicht weiter untersuchen; nur mag bemerkt werden, dass bei solchen Gebäuden, wo man gewöhnlich die Berücksichtigung des Zweckes als einen wichtigen Umstand im Auge behalten zu müssen, für nöthig erachtet, das strengere Verfahren anzuwenden, als rathsam erscheinen dürfte, in allen übrigen Fällen der Praxis aber ebenfalls beibehalten werden soll, wenn die obwaltenden Umstände seiner Anwendung nicht ungünstig sind.

Anmerkungen und Citate zu Kapitel III.

[1] *Mémoires présentés à l'acad. des Scienc.* Tom. II. p. 393.
Pogg. Ann. d. Ph. u. Ch. I. 412*.
Arago. IV. 284*.

Zur Ergänzung der oben über die Wirksamkeit der Blitzableiter aufgeführten Thatsachen sollen noch die übrigen von de Romas und seiner Begleitung bei seinen directen Versuchen an Gewitterwolken wahrgenommenen Erscheinungen hier erwähnt werden.

De Romas richtete seine Aufmerksamkeit sowohl auf die Vorgänge in den Wolken, als auch auf die Erscheinungen an der Erde selbst. Bei Betrachtung der Wolken, „die unmittelbar über dem Drachen schwebten", konnte er in den oberen Regionen nirgends Blitze, und ebenso wenig das geringste Geräusch wahrnehmen; auch fiel bei dem aus Westen kommenden ziemlich starken Westwind kein Regen. — An der Röhre von Weissblech, die ungefähr in 3 Fuss Abstand vom Boden, an der Schnur des Drachens befestiget, sich befand, erblickte de Romas drei Strohhalme, „wovon der eine nahe 1 Fuss, der zweite 4 oder 5 Zoll, und der dritte 3 bis 4 Zoll in Länge besass, die sich geraden Weges erhoben, und wie Puppen einen kreisförmigen Tanz um das eiserne Rohr begannen, ohne sich jedoch dabei zu berühren". „Dieses kleine Schauspiel, woran sich mehrere Personen seiner Begleitung ergötzten, dauerte nahe eine Viertelstunde, worauf etwas Regen fiel; er spürte abermals das Gefühl von Spinngewebe im Gesichte und hörte gleichzeitig ein ununterbrochenes Geräusch, ähnlich dem eines kleinen Schmiede-Blasebalges. Diess war eine neue Anzeige des Anwuchses der Elektricität. Schon seit dem ersten Augenblick, wo de Romas die Strohhalme hüpfen sah, wagte er nicht, ungeachtet aller seiner Vorsichtsmaassregeln, noch Funken zu ziehen, und ersuchte daher die Zuschauer sich weiter zu entfernen." — „Unmittelbar nach diesem ereignete sich die letzte Scene, und de Romas versicherte, dass sie ihn zittern machte. Der längste Strohhalm ward von dem Weissblechrohr angezogen, worauf drei Explosionen geschahen, die an Stärke dem Donner gleich waren." — Einige aus der Gesellschaft verglichen die Explosionen mit denen der Raketen, andere hingegen mit dem Geräusch, welches das Zerplatzen eines grossen irdenen Kruges auf dem Steinpflaster verursacht. — Das Feuer, welches man im Augenblick der Explosion wahrnahm, hatte die Gestalt einer Spindel von (wie oben Seite 72 erwähnt wurde †) 8 Zoll Länge und 5 Linien Durchmesser. Am überraschendsten und unterhaltendsten war der Umstand, dass der Strohhalm, welcher die Explosion erzeugt hatte, der Schnur des Drachen folgte. Einer aus der Gesellschaft sah denselben auf 45 bis 50 Klafter Entfernung, wechselsweise angezogen und abgestossen mit dem merkwürdigen Umstand, dass jedesmal, wenn er von der Schnur angezogen ward, ein Ausbruch von Feuer sichtbar war, begleitet mit einem Krachen, das indess nicht so heftig war, als im Moment der ersten Explosion. — Im weiteren Verlaufe wird bemerkt, dass ein Schwefelgeruch, „sehr ähnlich dem der leuchtenden elektrischen Strömungen, welche aus den Enden elektrisirter Metallstangen hervorbrechen", wahrgenommen wurde. „Es erschien auch um die Schnur ein leuchtender Cylinder von 3 oder 4 Zoll im Durchmesser, und da dieses bei Tage geschah, so zweifelt de Romas gar nicht, dass die elektrische Atmosphäre bei Nacht mit einem Durchmesser von 4 oder 5 Fuss erschienen wäre." — „Diese merkwürdigen Versuche endigten mit dem Fall des Drachen, da der Wind plötzlich nach Osten überging, und ihn dazu ein heftiger, mit Hagel vermischter Regen überfiel. Als der Drache sank, blieb die Schnur an einem Wetterdach hängen, und dieselbe war kaum gelöst, als derjenige, welcher sie hielt, einen solchen Schlag in seinen Händen und eine solche Erschütterung in seinem ganzen Körper verspürte, dass er genöthiget war, sie fahren zu lassen. Die Schnur fiel dabei einigen Personen auf die Füsse und gab diesen ebenfalls einen Schlag, jedoch einen

† wo es (Zeile 14 von oben) „5 Linien" statt „5 Fuss" heissen muss.

viel erträglicheren." — „Die Menge der elektrischen Materie, welche der Drache ein anderes Mal aus den Wolken zog (28. August 1756), ist wirklich erstaunend. Diese überraschenden Ausbrüche, welche verderbliche Wirkungen erzeugt haben könnten, wie keine, von welchen die Geschichte Meldung thut, wurden nichts desto weniger mit Sicherheit von der Schnur des Drachen auf einen nahe gelegenen Leiter geführt, obgleich der Knall dem einer Pistole gleich war."

2 Arago. IV. 280*.

Wenn aus dem, was über die Versuche von de Romas und Charles oben angeführt wurde, hervorgehen dürfte, dass die Ladung der Gewitterwolken durch einen Leiter, der bis zur Nähe der Wolke fast sich erhebt, und von dort aus bis zur Erde sich erstreckt, geschwächt und sogar nach und nach vernichtet werden kann, so möchte aus den eben geführten Erörterungen die Folgerung gezogen werden dürfen, dass durch Blitzableiter mit hohen Auffangstangen, selbst wenn die Leitung mangelhaft ist, ähnliche Wirkungen hervorgebracht werden. Auch hiefür liefert übrigens die Erfahrung bestätigende Thatsachen. So erzählt Hemmer (Hemmer's Anleitung p. 40), indem er zum Beweise der Thätigkeit der Blitzableiter während der Gewitter anführt, wie „zur gewitterzeit auf den spizen ser viler wetterleiter, in verschiedenen landen und gegenden, bleibende flämmchen, zum zeichen des abflusses des blitzstoffes, gesehen worden", die folgenden Ereignisse: „Eine merkwürdige erscheinung diser art ist im jare 1781, des abends bei einem schweren gewitter, auf zweien wetterleitern des schlosses zu Nimfenburg, deren 17, jeder mit 5 spizen, darauf stehen, von dem ganzen kurfürstlichen hofe beobachtet worden, wodurch merere elektrische unglaubige so bekeret wurden, dass si ire häuser ebenfals wider di blitzstralen bewafnen lisen. Nicht lang nach diser erscheinung hat sich daselbst eine weit merkwürdigere eräuget. Es zog nämlich ein greüliches gewitter von westen gerad über dem schlosse nach osten hin, und sehet da, so bald die wetterwolken über dem schlosse her gegangen waren, glichen si toden kolen, und gaben nicht mer das mindeste feuer von sich, da si doch alle auf der andern seite des schlosses, wo das gewitter her kam, so entsezlich blizeten; das der ganze himmel daselbst ein feüeriger strom zu sein schien." — Ein diesem ähnliches Beispiel erzählt Hemmer (a. a. O.) auf S. 44: „Ein turm des schlosses des rittergutes Kreibizsch, welches unweit Naumburg auf einem hohen berge liget", „zeigete durchgehends bei hinlänglicher annäherung eines gewitters ein licht auf der spize", „und di ältesten leüte wusten sich nicht zu erinnern, das es jemals in denselben eingeschlagen hätte. Nun wurde der turm, bei vorgenommener ausbesserung des knopfes, um 6 schuhe erhöhet. Kurz darauf fur der bliz in denselben, und schmetterte ihn, welches seit dem noch ser oft geschehen ist. Es ist vorher zweifelsone eine zufällige unbekante ableitung an diesem turme gewesen, die bei gedachter erhöhung unterbrochen worden ist." — Unter den aus der neuesten Zeit bekannt gewordenen Fällen, mag der folgende hier eine Stelle finden: „Der Schiffslieutenant Leps beobachtete am 1. October 1846 am Bord des Vautour an der Nordostküste von Algier viele Wasserhosen. Von den grossen schwarzen Wolken, mit denen der Himmel bedeckt war, schienen einige still zu stehen und unter ihnen bildeten sich die Wasserhosen, manchmal vier unter derselben Wolke. Der Wind wehte sehr heftig aus NNW. Sobald die Wolke das Meerwasser aufgenommen hatte, schwärzte sie sich zusehends. Die Wasserhosen verschwanden darauf und die Wolke setzte sich wieder in Bewegung, und indem sie über dem Schiffe hinzog, gab sie einen starken Wind und mehr oder weniger Regen, worauf sie am anderen Ende des Horizontes verschwand und durch eine neue ersetzt wurde" (Berl. Ber. III. 349*). Die in neuester Zeit von Noath (*Cosmos, revue encyclopédique hebdomadaire des progrès des sciences etc. fondée par* B. R. de Monfort, *rédigée par l'abbé* Moigno, VI. 384*) über die Constitution der Gewitterwolken angestellten Versuche dürften ebenfalls unter Anderem dazu beitragen, um über die Wirksamkeit der Blitzableiter Aufschluss zu geben.

Interessant sind die Beispiele, welche in den älteren physikalischen Werken über den Nutzen der Blitzableiter aufgeführt sich finden, und welche auch wirklich nachzuweisen geeignet sind, dass Gebäude und andere Constructionen, die vorher nicht mit Blitzableitern versehen, sehr oft von Blitzesentladungen beschädiget worden waren, während sie keinen Schaden mehr zu erleiden hatten, als man Blitzableiter auf denselben anbrachte.

So führt Hemmer (a. a. O., p. 38) die nachbenannten Gebäude auf, die hier als Beispiele dieser Art dienen können: Die Kirche zu Bornheim bei Frankfurt, die sehr oft vom Blitze beschädiget, und endlich in Asche gelegt wurde; die katholische Kirche zu Nirstein in der Pfalz; die Reinolduskirche zu Dortmund in Westphalen; die Kirche auf dem Hohenpeissenberg in Bayern (wurde in 12 Jahren siebenmal vom Blitze beschädiget); das Schloss de la Ferrandierre in Lyon; eine Kirche bei Charlestown in Karolina; der Valentinische Palast zu Turin; der Leuchtthurm zu Genua (wurde mindestens alle 2 Jahre von

Blitzschlägen heimgesucht); die Kirche von Carignano zu Genua; der berühmte Marcusthurm zu Venedig, dessen Höhe nicht weniger als 331 Fuss haben soll, trägt eine einzige Pyramide von 88 Fuss Höhe, und auf dieser steht ein Engel von Holz, mit Kupfer bekleidet und 10 Fuss hoch; über diesen Glockenthurm sind vom Jahre 1388 bis 1762 neun Blitzschläge durch die Register der Stadt mitgetheilt, und es sollen die Reparaturen der am 23. April 1745 stattgehabten grossen Verwüstungen nicht weniger als 10000 Thaler gekostet haben. Seit dem Jahre 1776, in welchem der Glockenthurm der Marcuskirche mit einem Blitzableiter versehen wurde, sind weitere Beschädigungen durch den Blitz nicht mehr bis jetzt bekannt geworden.

Einige andere interessante Fälle, die Arago, Reimarus, Hemmer (a. a. O.) und Andere erzählen, dürfen hier nicht unbeachtet bleiben.

Die am Schlosse des Grafen Orsini auf dem Rosenberg in Kärnthen gelegene Kirche wurde so oft vom Blitze getroffen, dass man der vielen Unglücksfälle halber, die hiebei vorkamen, den Gottesdienst während des Sommers gänzlich ausfallen liess. Im Jahre 1770 wurde durch einen einzigen Blitzschlag der Kirchthurm vollständig zerstört. Nachdem er wieder aufgebaut war, traf der Blitz diesen Thurm fortgesetzt im Durchschnitt vier oder fünf Mal jährlich. Bei dieser Angabe (sagt Arago, der dieses Factum ausführlich beschreibt), „ich bitte dies wohl zu beachten, sind ungewöhnliche Gewitter, bei denen fünf und selbst zehn Blitzschläge den Kirchthurm in einem einzigen Tage trafen, nicht in Rechnung gezogen." Als in Folge eines Gewitters im Jahre 1778 der Thurm fünf Mal getroffen, und so beschädiget worden war, dass er seinem Einsturze nahe war, wurde er abgetragen, wieder neu aufgebaut, und diessmal auf Kosten des Grafen von Rosenberg mit einer spitzigen Auffangstange und einem guten Ableiter versehen. „Im Jahre 1783 (sagt Arago: »zur Zeit der Abfassung des Aufsatzes von Lichtenberg, dem ich diese Einzelheiten entnehme«), also nach einem Zeitraume von ungefähr fünf Jahren, war der Kirchthurm statt 20 bis 25 Mal nur ein einziges Mal vom Blitze getroffen, und dieser Blitzschlag war auf die Metallspitze gefallen, ohne irgend einen Schaden anzurichten." (Man sehe Lichtenberg's vermischte Schriften. VIII. 256—257*.) Im Thurme der deutschen (oder der holländischen) Kirche zu New-York war die Uhr einige 20 Fuss unter der Glocke. Von der Uhr ging ein eiserner Draht durch zwei Decken zum Stundenhammer hinauf, und die Löcher in den Decken waren zu diesem Zwecke beiläufig $\frac{1}{4}$ Zoll weit. Im Frühling des Jahres 1750 ging die Blitzesentladung von dem Hammer der Glocke längs des eisernen Drahtes zur Uhr, „so dass an dem Draht erstlich verschiedene angeschmolzene Stellen von 3 bis 9 Zoll Länge befindlich waren, welche etwa den dritten Theil der Dicke angegriffen hatten, nachmals aber, einige Fuss vom unteren Ende, derselbige hie und da ganz durchschmolzen ward und in Stücken herunter fiel" (Reimarus, a. a. O. 386*). Von diesem unteren Ende ging die Entladung auf eine Thürangel und zerschmetterte die Thüre: „so weit aber der Strahl an dem Drahte durch die Löcher in den Boden heruntergefahren war, hatte er nichts beschädiget" (a. a. O). Als darauf statt des eisernen Drahtes eine dünne messingene Kette angewendet wurde, folgte ein Blitzschlag im Jahre 1763 nunmehr der messingenen Kette, wie vorher dem eisernen Drahte, dieselbe wurde abgeschmolzen, zerrissen und zerstäubt, ohne dass in den Decken weiterer Schaden angerichtet wurde, und ohne dass selbst die Löcher erweitert wurden, hingegen fiel der Blitz wieder gegen die Thürangel, und die Thüre wurde wieder, wie früher, zerschmettert. Nach Ausbesserung des Thurmes wurde nun derselbe mit einer eisernen Ableitung versehen, und ein im Jahre 1765 neuerdings eingetretener Blitzschlag auf denselben Thurm verursachte nunmehr am Gebäude keinerlei Schaden mehr, indem die Entladung durch den Ableiter ganz unschädlich gemacht wurde. (Nach der Angabe des Sachbefundes von Franklin in Reimarus, a. a. O. 386—387*.)

Unter Beispielen dieser Art erwähnt Arago den Thurm von Siena und den Thurm des Strassburger Münsters, die hier noch vorgeführt werden sollen. — „Der Thurm von Siena wurde sehr oft vom Blitze getroffen, und jedesmal stark beschädiget. Kaum war er, im Jahre 1777 mit einem Blitzableiter versehen, als er am 18. April aufs Neue einen Blitzschlag erhielt, aber dies Mal durchaus ohne alle Beschädigung" (a. a. O. p. 316*). (Hemmer erzählt dieses Factum in folgender Weise: „Dises prächtige gebäud wurde vom blize mer male, nicht ohne merkliche beschädigung heimgesucht. Es wurde daher mit einem wetterleiter versehen, auf den das volk ser fluchte. Der 18te ostermonat des jares 1777 machte dem murren ein end. Ein wetter näherte sich dem turme an diesem tage, alles versammelte sich auf und an dem grossen plaze, der stral stürzte sich im angesichte aller leüte auf den wetterleiter, und gab unläugbare zeichen seines durchganges, der aber so unschädlich war, das nicht einmal das spinngeweb, womit der ableiter hir und da bestriket war, versengt oder zerrissen wurde" a. a. O. 41.) — Nach einem Berichte von

Fargeaud (Pogg. Ann. LXVI. 544), der die Geschichte des Blitzableiters des Strassburger Münsters detaillirt enthält, wurde aus amtlichen Dokumenten im Jahre 1833 nachgewiesen, „dass seit 30 Jahren die Ausgabe zur Wiederherstellung der vom Blitze angerichteten Schäden (des Münsters) im Durchschnitt jährlich 1000 Francs betragen hatte“, und dennoch konnte man sich erst im Jahre 1835 entschliessen, den Vorschlägen der sachverständigen Techniker und Physiker zu folgen, und dieses Bauwerk mit einem Blitzableiter zu versehen, obgleich seiner Zeit von Gay-Lussac bei Besteigung des Thurmes schon eine lange Reihe von Jahren vorher hiefür der Wunsch ausgesprochen worden sein soll. Lange Zeit blieb das Bauwerk vom Blitze verschont; allein am 10. Juli 1843, um 1 ½ Uhr Nachts, „entlud sich ein heftiges Gewitter über der Stadt, und der Blitz fuhr zwei Mal auf die Kathedrale oder vielmehr deren Ableiter“. Hiebei kamen aber Beschädigungen am Gebäude selbst, ebenso wenig wie am Ableiter vor, hingegen wurde der 8 Centimeter lange und unten etwa 1 Centimeter dicke Platinkegel, welcher die Spitze bildete, auf wenigstens 5 bis 6 Centimeter Länge abgeschmolzen, und von hier aus schien nach der vorliegenden Beschreibung der Entladungsstrom durch die Ableiter gegangen zu sein, und ein Abspringen des Blitzes gegen grosse Metallmassen in der Nähe der Ableiter stattgefunden zu haben. (Auf diesen Fall werden wir unten bei einer anderen Gelegenheit wieder zurückkommen.)

Ebenso belehrend, wie die hier aufgeführten Beispiele, deren Zahl wir nicht durch viele andere ähnliche hier wohl zu erweitern brauchen, sind viele andere, durch welche nachgewiesen werden kann, dass Bauwerke, die entweder schon ihrer Construction nach mit einer Art von Blitzableiter zufällig versehen waren, oder die mit Franklin'schen Apparaten ausgestattet worden sind, gegen Blitzschläge verschont blieben, während andere Bauwerke in der Nähe von solchen von Blitzesentladungen heimgesucht wurden.

Ein Bauwerk der ersteren Art, das durch zufällige Umstände mit Blitzableitern versehen war, soll der Tempel zu Jerusalem gewesen sein. Während nämlich im Alterthume mit grosser Sorgfalt die Blitzschläge aufgezeichnet wurden, und unter Anderen die römischen Annalen Blitze erwähnen, die das Capitol oder andere Gebäude trafen, so muss es als auffallend erscheinen, dass in der heiligen Schrift während des mehr als 1000 jährigen Bestehens des Tempels (zur Zeit Salomo's bis 70 nach Christi Geburt) niemals von einem Blitzschlage Erwähnung gethan wird, der dieses Bauwerk getroffen hat. Nach den von Arago (a. a. O. 313*) hierüber gegebenen Erörterungen, die dem sehr interessanten „Briefwechsel zwischen Michaelis und Lichtenberg, über die Absicht oder Folgen der Spitzen auf Salomo's Tempel“ (Lichtenberg, Vermischte Schriften, VIII. 251—301*) entnommen sind, muss man annehmen, dass der Tempel zu Jerusalem in der That mit Blitzableitern versehen war. In diesen Erörterungen heisst es: „Das mit stark vergoldetem Cedernholz getäfelte flache Dach des Tempels war von einem Ende zum anderen mit langen zugespitzten und vergoldeten Stangen von Eisen und Stahl besetzt. Nach Josephus wollte der Architekt durch diese zahlreichen Spitzen die Vögel abhalten, sich auf das Dach niederzulassen und dasselbe zu verunreinigen. Die Aussenseiten des Gebäudes waren ebenfalls in ihrer ganzen Ausdehnung mit stark vergoldetem Holze bekleidet. Endlich waren unter dem Vorhofe des Tempels Cisternen vorhanden, in welche das Wasser von den Dächern sich durch metallene Röhren ergoss. Wir finden hier sowohl die Auffangstangen der Blitzableiter, als auch einen solchen Ueberfluss an Ableitungen, dass Lichtenberg mit vollem Rechte behaupten konnte, nicht der zehnte Theil der Apparate unserer Tage biete hinsichtlich der Construction auch nur annähernd eine ebenso befriedigende Vereinigung günstiger Umstände dar. — Der Tempel zu Jerusalem, der mehr als 1000 Jahre verschont geblieben ist, kann also als der offenbarste Beweis für die Wirksamkeit der Blitzableiter aufgeführt werden.“ Wir fügen hinzu, dass selbst die Bodenleitung, die bei jedem Blitzableiter bekanntlich einen wesentlichen Bestandtheil bildet, hier vielleicht sorgfältiger angelegt war, als bei manchem künstlichen Franklin'schen Apparate, da bekanntlich unter dem Tempel unterirdische Kanäle hinwegführten, die im Laufe des ganzen Jahres unterhalten werden mussten, und mit denen die zur Aufnahme des Regenwassers bestimmt gewesenen Cisternen vermuthlich in Communication standen. (Uebrigens wird behauptet, dass den ägyptischen Priestern die Eigenschaften des Blitzes, und „das Mittel, den Blitz anzuziehen“, bekannt gewesen sein sollen. Man sehe hierüber: De Lays, Chronologische Geschichte der Naturlehre bis auf unsere Zeiten. Aus dem Französ. von K. G. Kühn. 2 Vol. Leipzig 1798. Bd. I. p. 51*.)

Ein ähnliches Beispiel in kleinerem Maassstabe bietet die Peterkirche zu Genf. Obgleich Genf den Gewittern sehr stark ausgesetzt ist, die Thürme seiner Kathedrale die höchsten Bauwerke der Stadt, und bis auf eine beträchtliche Entfernung die dominirenden Punkte der Gegend sind, so wurde jene Kirche innerhalb 2 ½ Jahrhunderten niemals vom Blitze beschädiget. Saussure fand die Ursache dieser auffallenden Anomalie, der er

seit dem Jahre 1771 nachforschte, darin, dass die Thürme zufällig mit Ableitern versehen sind. „Der Thurm in der Mitte ist beinahe 300 Jahre alt, und da er ganz von Holz ist, so hat er immer mit Weissblech von oben bis unten gedeckt sein müssen, wie diess noch gegenwärtig der Fall ist. Nun ist leicht zu begreifen, dass eine so beträchtliche Metallmasse immer einen vortrefflichen Leiter abgeben musste, und dass der weite untere Rand derselben, der mit allen Theilen des Gebäudes in Verbindung war, in seiner Ausdehnung leicht an irgend einen Gegenstand stossen konnte, der die Communication vollendete", und die insbesondere „durch die an den Mauern der Kirche befindlichen Röhren von Blei oder Weissblech, die das Wasser unter die Erde führen", bewerkstelliget worden war. Zu den Gebäuden dieser Art gehören nach Landriani viele hohe Bauwerke zu Mailand, mehrere schon früher bei anderen Gelegenheiten erwähnte Beispiele, wie der Stephansthurm zu Wien, der Thurm zu Kreibitzsch bei Naumburg, die grosse Londoner Säule, das Monument genannt, und andere mehr. —

Als Beispiele, durch welche die schützende Wirkung der Blitzableiter direct nachgewiesen werden kann, mögen hier aus älteren Zeiten angeführt werden:

Hemmer erzählt (a. a. O. p. 36 fg.): „Die ersten wetterleiter nach der franklinischen vorschrift wurden im jare 1752 zu Filadelfia in Amerika an den häusern einiger der dasigen inwoner, unter welchen auch der kaufmann West war, angelegt. Dise gebäude bliben nun zwar unter so vielen andern, di der bliz nach disem in der statt von zeit zu zeit traf, unversert stehen: man konnte aber doch nicht sicher wissen, ob dises nicht vil mer einem glüklichen zufalle, als der gemachten einrichtung, beizumessen sei. Allein im jare 1760 hob der himmel den zweifel, da sich der bliz sichtbarlich auf den wetterleiter des hern West stürzete, di spize der stange merere zolle weit abschmelzete, und one weiteren schaden in die erde überging. Da rif der naturforscher Kinnersley, der disen wetterschlag untersuchet hat, mit warsagerischem geiste aus, man würde in zukunft, nach einem so herrlichen beispile, eben so vile wetterleiter als regenleiter (dachrinnen) auf den häusern sehen." In einem anderen Falle wurden sowohl das hier genannte Gebäude, als auch ein anderes, das ebenfalls einen Blitzableiter hatte, von einem Blitzschlage ohne weitere schädliche Folgen getroffen, während gleichzeitig zwei andere Häuser und ein Schiff von der Blitzesentladung sehr stark beschädiget worden sein sollen.

Als am 10. October 1770 das Schiff des englischen Seefahrers Cook zu Batavia lag, entstand Abends ein starkes Gewitter. Man liess die Ableitungskette anlegen. „Der bliz schos darauf, und lif sichtbarlich an derselben ins mer hinunter." Ein holländisches, nur zwei Kabelstaulängen davon entferntes Schiff, das keinen Blitzableiter hatte, wurde vom Blitzschlage fast zerstört. (Man sehe auch Reimarus p. 393*.)

„Am 12. Juli 1770 traf der Blitz in Philadelphia zu gleicher Zeit eine Sloop und zwei Häuser, sämmtlich ohne Blitzableiter, und ein drittes Haus, das mit einem Blitzableiter versehen war. Der Donner war an allen vier Stellen furchtbar. Die beiden ersten Häuser und die Sloop wurden schwer beschädiget; das durch einen Blitzableiter geschützte Haus blieb gänzlich verschont; man bemerkte nur, dass die Spitze der Stange auf einer ziemlich grossen Strecke geschmolzen war" (Arago, IV. 318*).

Im Juni 1813 wurden zu Port Royal in Jamaica das Kriegsschiff, der Norge, und ein Kauffahrer, beide ohne Blitzableiter, vom Blitze getroffen und stark beschädiget. Die grosse Anzahl der anderen im Hafen befindlichen Fahrzeuge, zwischen denen das Kriegsschiff und der Kauffahrer lagen, erlitten keine Beschädigungen, sie waren sämmtlich mit Blitzableitern versehen.

„Im Jahre 1814 schlug der Blitz im Hafen von Plymouth ein. Von den vielen im Hamoaze stationirten Kriegsschiffen wurde ein einziges getroffen und beschädiget. Diess Schiff, der Milford, war auch das einzige, das gerade zu der Zeit keinen Blitzableiter hatte." „Im Canal von Corfu trafen im Januar 1830 drei schreckliche Blitzschläge den Blitzableiter des englischen Kriegsschiffes, der Aetna: das Schiff erlitt keine Beschädigung. Die Kriegsschiffe ohne Blitzableiter, der Madagaskar und der Mosquetò, die sich unweit des Aetna befanden, wurden ebenfalls getroffen, und beträchtlich beschädiget" (a. a. O. 318*).

Eine grosse Zahl von Beispielen, die hieher gehören würden, findet man unter Anderem in „Reimarus, vom Blize", p. 371—435*, unter welchen auch namentlich die Commissionsberichte und die Sachbefunde wörtlich nach den Aussagen der Berichterstatter aufgeführt sich finden.

[3] *Phil. Transact.* Vol. LIV. p. 249 sq. Vol. LXVIII. p. 239; Fischer's Geschichte der Physik. VIII. 590*; Riess' Elektric. II. 555*. Erwähnung hievon ist auch gemacht in Priestley's Gesch. der Elektric. p. 259, sowie in anderen älteren und neueren Schriften. — Eine vollständige Beschreibung der zur Erledigung der Wilson'schen Einwendungen von Franklin

getroffenen Anordnungen etc. etc. findet man in FRANKLIN's sämmtl. Werke, deutsch von WENZEL. Dresden 1780. I. 413—450*.

Von den Versuchen im Kleinen, um die schützende Wirkung der Blitzableiter nachzuweisen, mögen unter Anderen hier noch erwähnt werden:

„H. HALDANE's Versuche, den Grund zu entdecken, weshalb der Blitz in Gebäude einschlug, die mit Gewitter-Ableitern versehen waren.“ Gilbert's Ann. d. Phys. u. d. Chemie, V. 115*. (Im Auszuge aus Nicholson's *Journal of natur. phil.* Vol. I. p. 433—441.) „WOLF. Etwas über Blitzableiter.“ Gilbert's Ann. d. Phys. VIII. 69*. (Auf nicht besonders richtige Ansichten begründete Versuche!) —

(Hier mag auch die Bemerkung vielleicht nicht uninteressant sein, dass nach Erzählung von RITTENHOUSE, der mittelst eines Spiegelteleskopes sehr oft die Blitzableiter in Philadelphia der Reihe nach untersuchte, an vielen derselben die Spitzen abgeschmolzen gefunden hatte, obgleich er niemals erfahren hat, dass die betreffenden Häuser dabei vom Blitze getroffen worden waren.) — Uebrigens konnten alle sogenannten unterbrochenen Leiter, die man anfänglich zur Bestätigung der Analogie zwischen Blitz und Elektricität, und später zur Untersuchung der Luftelektricität und der Gewittererscheinungen anwendete, dazu dienen, um die Wirksamkeit der Blitzableiter nachzuweisen. (Man sehe D'ALIBARD's Versuche, S. 43, deren genaue Beschreibung in FRANKLIN's sämmtl. Werke, deutsch von WENZEL, Dresden 1780. Bd. I. p. 159—171* enthalten ist.) Die grösste Berühmtheit unter Apparaten dieser Art hat offenbar der des verunglückten Prof. RICHMANN erlangt. „Man stelle sich“, sagt ARAGO (a. a. O. 277*) „eine gewöhnliche Glasflasche vor, deren Boden ausgestossen ist; durch dieselbe werde ein Eisenstab gesteckt und mit Korkstöpseln befestiget. Eine solche Flasche war in senkrechter Lage durch ein Loch in dem Dache des Hauses geschoben, so dass der obere Theil des Eisenstabes über die Fläche des Daches um 5 Fuss hervorragte, und das entgegengesetzte Ende in dem unter dem Dache geführten Zimmer gleichsam aufgehangen war. An dieses untere Ende war eine Metallkette angeknüpft. Diese Kette war bis zu dem Stockwerke geführt, in welchem das Studirzimmer RICHMANN's lag, nicht in gerader Linie, sondern auf Umwegen, wie die Lokalität es mit sich brachte. Auf ihrem Verlaufe berührte die Kette nirgends die Wände oder das Mauerwerk; sie wurde von demselben überall, wo dies nöthig war, durch Glasplatten oder dicke Lagen von Siegellack ferngehalten. — In dem Studirzimmer ging die Kette hinab durch die mit Glasstücken ausgefütterte Oeffnung in der Mitte der Decke senkrecht.“ Auf diese Weise sollte „der Blitzstoff“ in dem Apparate angehäuft werden, um durch Annäherung eines Conductors gegen die Kette die Funken beobachten zu können. [Ausser der schon früher angegebenen Literatur über RICHMANN's Arbeiten und dessen Verunglückung sehe man: PRIESTLEY's Gesch. d. Elektr. 225—228*; ferner GE. WILH. RICHMANNI de electricitate in corporibus producenda nova tentamina. Commentar. Acad. Sc. Imp. Petropolit. ad A. 1744—1746. Petrop. 1751. 4. (An seinem elektrischen Apparate hatte RICHMANN „ein Elektroscopium oder einen Elektricitätsanzeiger“ angebracht. Dasselbe bestand aus einem feinen leinenen Faden, der nur $\frac{384}{456}$ eines Granes gewogen, und an einem senkrecht aufgerichteten eisernen Lineale oben dergestalt befestiget worden, dass er in einem Abstande von 0,4 eines Zolles an dem Lineale parallel gehangen. „Wenn die Kugel gerieben, und das ganze Geräthe nebst dem eisernen Lineale dadurch elektrisirt worden, so ist der Faden von dem Lineale, nachdem die Elektricität stark oder schwach gewesen, mehr oder weniger abgefahren, und hat an einem 2 Linien von der Spitze des Fadens abstehenden Gradbogen von 40 Graden, deren jeder in vier gleiche Theile abgetheilt ist, die Stärke der Elektricität angezeigt“ etc. RICHMANN hat auch Versuche angestellt, „um zu erfahren, wie lange sich die Elektricität in einem Körper aufhalte, in welchem sie durch Mittheilung erregt worden“. Aus GRALATH's Gesch. der Elektric. 2. Abschn. S. 418—422 in KRÜNITZ's Verzeichniss etc. etc. 146*). — W. RICHMANN de indice electricitatis, et de ejus usu in definiendis artificialis et naturalis electricit. phaenomenis. Nov. Comment. Acad. Sc. Imp. Petropol. ad A. 1752 et 1753. Petrop. 1758. p. 301, 340. — Nachrichten über RICHMANN's Tod: *Histoire de l'Acad. R. d. Sc. de Paris. Année 1753.* Paris 1757. p. 78*. — Hamb. unparth. Corresp., J. 1753, No. 140. — Berl. wöchentl. Relation etc. etc., J. 1753, St. 108, p. 890—892. — *Phil. Transact. for the year 1755*, p. 61—69. — *Journ. encyclop. du 1. Nov. 1756*, p. 52—55. (Schon am 9. Aug. 1752 „wurden alle seine Anstalten so elektrisch, dass er wie vom Froste zitterte, und die Funken ihm hinaufwärts in den Arm rückten. Am 31. Mai 1753 knallete die Elektricität so stark, dass man es im dritten Zimmer davon hören konnte. Allein, am 6. Aug. kam die unglückliche Stunde, da er seine Versuche und seine Tage auf einmal endigte.“ Aus dem Schwed. Magaz. Vol. I. p. 148—150 in KRÜNITZ's Verzeichniss etc. p. 148*.)]

Ferner gehören hieher die sogenannten Elektricitätszeiger von Franklin, Canton (siehe oben p. 43), das Fulgurometer von le Roy (Muncke's phys. Wörterb. III. p. 409*), Joh. Fr. Hartmann's Elektricitätszeiger (Schriften d. k. Soc. d. Wiss. zu Göttingen, J. 1764), der Wolkenelektricitätsmesser von Hemmer, auch Blitzfänger genannt (Ephem. Soc. meteorol. palat. tom. I. p. 85—87*; Hemmer's Anleitung etc. p. 26—30*), Gersdorf's Keraunoskop oder Blitzzeiger (Beobachtungen der atmosphärischen Elektricität zu Messersdorf in der Oberlausitz, nebst einigen daraus gezogenen Resultaten. Görlitz 1802. Siehe auch Gilbert's Ann. d. Phys. II. 223*), Crosse's Apparat zur Untersuchung der Luftelektricität (Gilbert's Ann. LI. 62*), Schenk's unterbrochener Ableiter (Gilbert's Ann. d. Phys. LXIV. 252*) u. A. m. — Ausführliches über Blitzfänger und elektrische Drachen etc. etc. findet man in: J. K. Gütle, Lehrb. d. prakt. Blitzableitungskunst. Nürnberg 1804. p. 172—302.

Da von einigen derartigen Apparaten schon bei einer anderen Gelegenheit die Rede war, so mag es genügen, hier der Einrichtung zu erwähnen, wie sie von Hemmer in mehreren meteorologischen Observatorien veranstaltet, und vor nicht sehr langer Zeit noch im Gebrauche war. Der auf dem kurfürstlichen physikalischen Cabinete zu Mannheim von Hemmer angelegte Apparat hatte folgende Einrichtung. Eine 30 Fuss lange in eine kupferne Spitze auslaufende eiserne Stange, die auf dem Schlosse errichtet ist, steht auf einer starken, mit metallenem Hute zur Abhaltung des Regens gedeckten Glassäule. Von hier aus geht eine mit der Stange verbundene, $1/2$ Zoll dicke eiserne Ruthe *BCDE*, wie diess im beistehenden Schema (*Fig. 85*) angedeutet ist, die aussen am Schlosse herunter, und durch einen Fensterrahmen bis ins Cabinet geht, wo sie an die eiserne Stange *VM* befestiget ist. Letztere endiget auf beiden Seiten in Kugeln. An dem einen Ende hängen zwei Fäden mit Holundermarkkugeln „*R*“, am anderen ein Glockenspiel „*F*“. Der Stange *VM* gegenüber ist ein metallener Leiter *S*, der mit der Erde verbunden ist. Diese „Geräthschaft“ gab seit vielen Jahren folgende Erscheinungen:

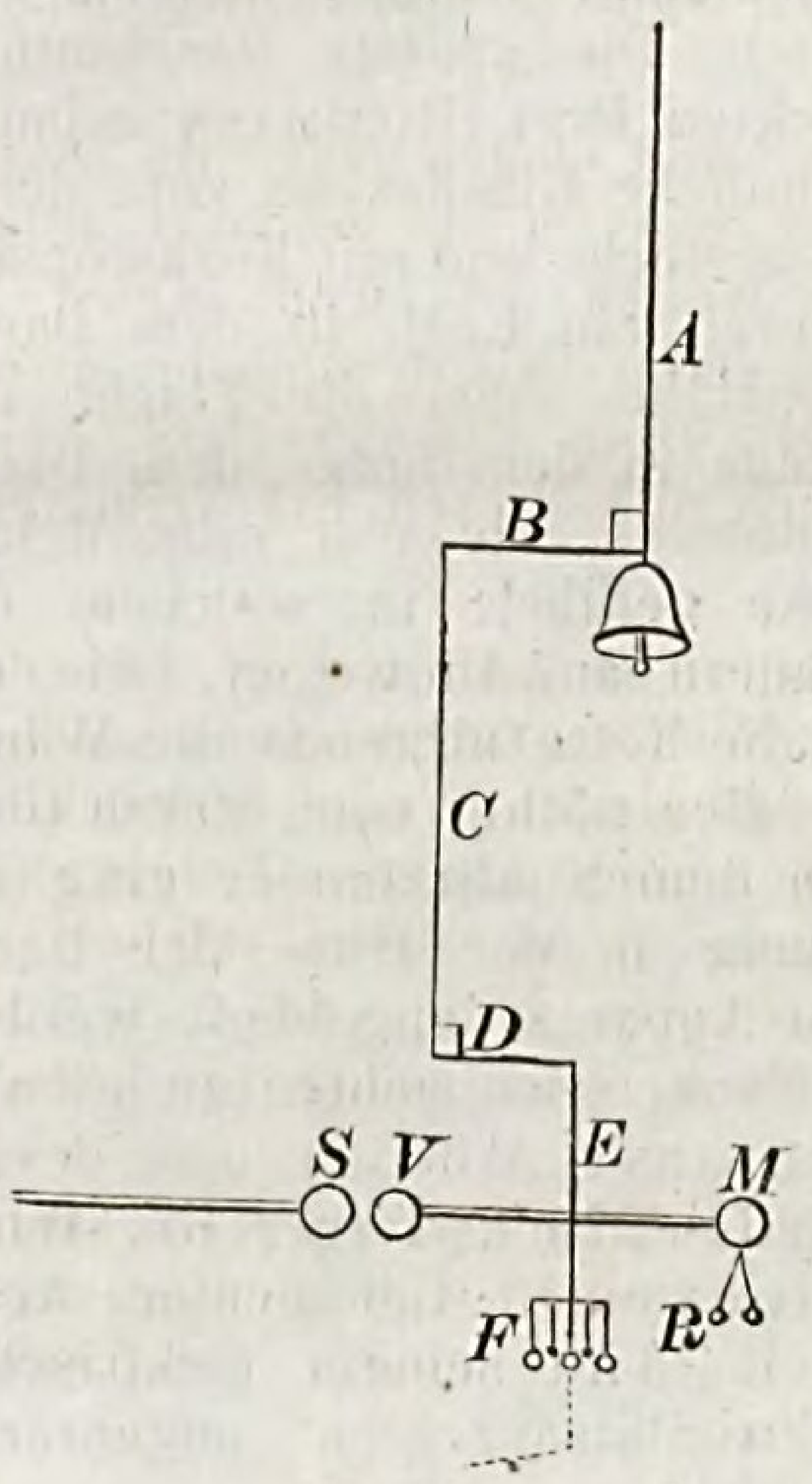


Fig. 85.

1. Zog eine Gewitterwolke, es mochte blitzen oder donnern oder nicht, so vorüber, dass einer ihrer Dunstkreise (hierunter versteht Hemmer die sogenannte Wirkungssphäre, sagt aber hierüber wörtlich: „Jeder elektrische körper machet auch die ihm umgebende luft elektrisch, welche alsdann der elektrische dunstkreis dises körpers genannt wird. Diser dunstkreis wird immer einerlei elektricität mit dem elektrischen körper haben.“ Ausser diesem „weckseln noch merere dunstkreise“ um den Körper ab etc., a. a. O. p. 13*) die Spitze *A* berührt, so weichen die Fäden *R* von einander, und wenn die Elektricität der Wolke etwas stark ist, „so springet das feüer zwischen den kugeln *VS*, und das glockenspil *F* laütet“.

2. Bisweilen, wie wohl selten, geht ein Gewitter, auch mit Blitz und Donner gerade über den Apparat her, ohne dass dieser die Elektricität wahrnehmen lässt. In diesem Falle geht die Wolke so hoch, dass die Spitze *A* ihre Dunstkreise, „die vielleicht nebst dem etwas schwach sind“, nicht erreicht.

3. Die Elektricität des Apparates ist bald „gehaüft“ [+], bald „mangelhaft“ [—]. „Im ersten falle ergiset sich das feuer von der kugel *V* auf die kugel *S*, im letzteren falle von *S* auf *V*, d. i. von der erde in den elektricitätsmesser.“

4. Diese Verschiedenheit und Abwechselung hatte nicht nur bei verschiedenen, sondern oft auch bei einem und demselben Gewitter, ja sogar auch dann statt, wenn man nicht mehr als eine einzige Wolke sieht. Hemmer sagt weiter: „Ich habe schon gesehen, das die gattung der elektrizität sich innerhalb einer virtelstunde acht mal verändert hat.“

5. So oft die Elektricität wechselte, fielen die Kügelchen *R* zusammen, und gingen oft in einem Augenblicke etwas langsamer zu ihrer vorigen Stellung zurück. So lange sie sich berührten, äusserte die Geräthschaft nicht die mindeste Elektricität. Oft ist der Uebergang von einer Elektricität zur anderen so schnell gewesen, dass die Kügelchen nicht zusammenfielen, sondern vor der wechselseitigen Berührung wieder gegenseitig sich abstiessen. „Wann si aber zusammen fallen, folget nicht immer eine andere gattung der elektricität, indem eben diselbige oft wider zurük komt.“

6. Bisweilen hält die Elektricität einer Art nur wenige Minuten, bisweilen aber lange, z. B. eine halbe Stunde und noch darüber an.

7. So oft es im Luftkreise bei einem nahen Wetter blitzt, verändert sich in demselben Augenblicke der Abstand der Kügelchen. Bisweilen zeigte sich auch in demselben Augenblicke „ein rascher feüer" zwischen den Kugeln *VS*, obschon kurz vorher eine sehr schwache oder zu kleine Elektricität in der Geräthschaft vorhanden war.

8. Fiel ein Gewitterregen auf die Geräthschaft, so empfing sie im Augenblicke eine starke Elektricität, wenn sie keine hatte; oder ihre vorige Elektricität wurde durchgehend verstärkt. Während desselben Regens wechselte die Elektricität der Geräthschaft ebenfalls oft ab.

9. Wenn das Feuer (die elektrischen Entladungsfunken) zwischen den Kugeln *VS* mit grosser Gewalt und Geschwindigkeit schlug, so dass es an den Körpern, die dazwischen gehalten wurden, „Verwüstung und Zerstörung" verursachte und man brachte die Kugeln bis zur Berührung zusammen, so war in demselben Augenblicke keine Spur von Elektricität in der Geräthschaft mehr zu finden. Weiter sagt hierüber Hemmer: „Ich schibe die kugeln wider von einander, und di vorigen feuerströme und schläge zwischen denselben sind wider da, di ich auch oft zwischen meinen beiden händen, womit ich den leiter *S* umfasse, one di mindeste empfindung, ja zwischen schispulver und schwefelstaub one entzündung durchfaren lasse."

Da wir die Erscheinungen, welche Hemmer beobachtete, und denen wir, da dieser Physiker ein vorurtheilsfreier und gewissenhafter Beobachter war, auch vollen Glauben schenken dürfen, hier fast wörtlich wiedergegeben haben, so wollen wir, wenn gleich die Resultate, die man aus denselben ziehen kann, keiner besonderen Erläuterung bedürfen, dennoch die Erklärungsweise, sowie die Folgerungen, die Hemmer hieraus zieht, hier nicht vorenthalten. Nach den Ansichten H.'s lässt sich nämlich aus diesen Erscheinungen Folgendes schliessen:

a. Die Spitze der Geräthschaft *A* zieht die Elektricität nicht unmittelbar aus den Wolken, sondern aus den Dunstkreisen. Wie sollte sich der Wirkungskreis eines solchen Körperchens, als die Spitze ist, auf eine so erstaunliche Weise, auf Meilen Weges erstrecken? „Es ist torheit, dises zu glauben." (H. erwähnt nämlich bei einer anderen Gelegenheit — S. 25 —, dass je mehr eine Wetterwolke mit Elektricität geladen ist, desto stärker und ausgebreiteter ihre Dunstkreise seien, und dass er einmal gefunden habe, dass sie sich weit über eine Meile Weges in wagrechter Richtung ausdehnten, und selbst bis an die Erde herabzogen.)

b. Zur Erklärung der mangelhaften Erscheinungen in der Geräthschaft (der negativen Elektricität) sei es nicht nöthig, seine Zuflucht zu erdichteten mangelhafter (negativ geladener) Wolken zu nehmen, indem sie sich aus den mangelhaften (negativ geladenen) Dunstkreisen herleiten liessen.

c. Ohne diese verschiedenen Dunstkreise der Wolken sei es nicht möglich, einen hinreichenden Grund der so vielfältigen und wunderbaren Abwechselungen der Elektricität in der Geräthschaft zu geben.

d. Auch das Abwechseln der Elektricität bei einem Gewitterregen sei von diesen verschiedenen Dunstkreisen herzuleiten.

e. Das Zusammenfallen der Kügelchen und der damit verbundene elektrische Stillstand bei dem Uebergange von einer Elektricität zur anderen komme von den Vereinigungsgrenzen zweier Dunstkreise her, in welchen sich die Spitze *A* alsdann befinde.

f. Die oft so lange anhaltende Elektricität der Geräthschaft, auch wenn sie in ihrer Gattung nicht wechselt, komme nicht aus dem dichteren Theile des nächsten Dunstkreises der Wetterwolke, sondern entweder aus dessen schwächerem Theile, oder aus den übrigen entfernten Dunstkreisen her.

g. „Jeder bliz ist eine ware elektrische entladung im luftkreise", entweder gegen einen irdischen Körper oder auf eine weniger (entgegengesetzt) geladene Wolke; diese Entladung wirke immer auf die gesammten Dunstkreise der Gewitterwolke.

h. „Ist das metall der gerätschaft von hinlänglichem inhalte, und so wol in seinen teilen als mit der erde gehörig verbunden, so flisen di stärksten feuerströme durch, one das das mindeste davon auf di seite gehe."

In *Fig. 84* (Seite 190) ist ein anderer sogenannter Blitzfänger nach Beck's Einrichtung (D. Beck, Unterricht, Gebäude vor dem Einschlagen des Blitzes zu bewahren. 8. Salzburg 1786) dargestellt, dessen Anordnung keiner weiteren Erläuterung bedarf.

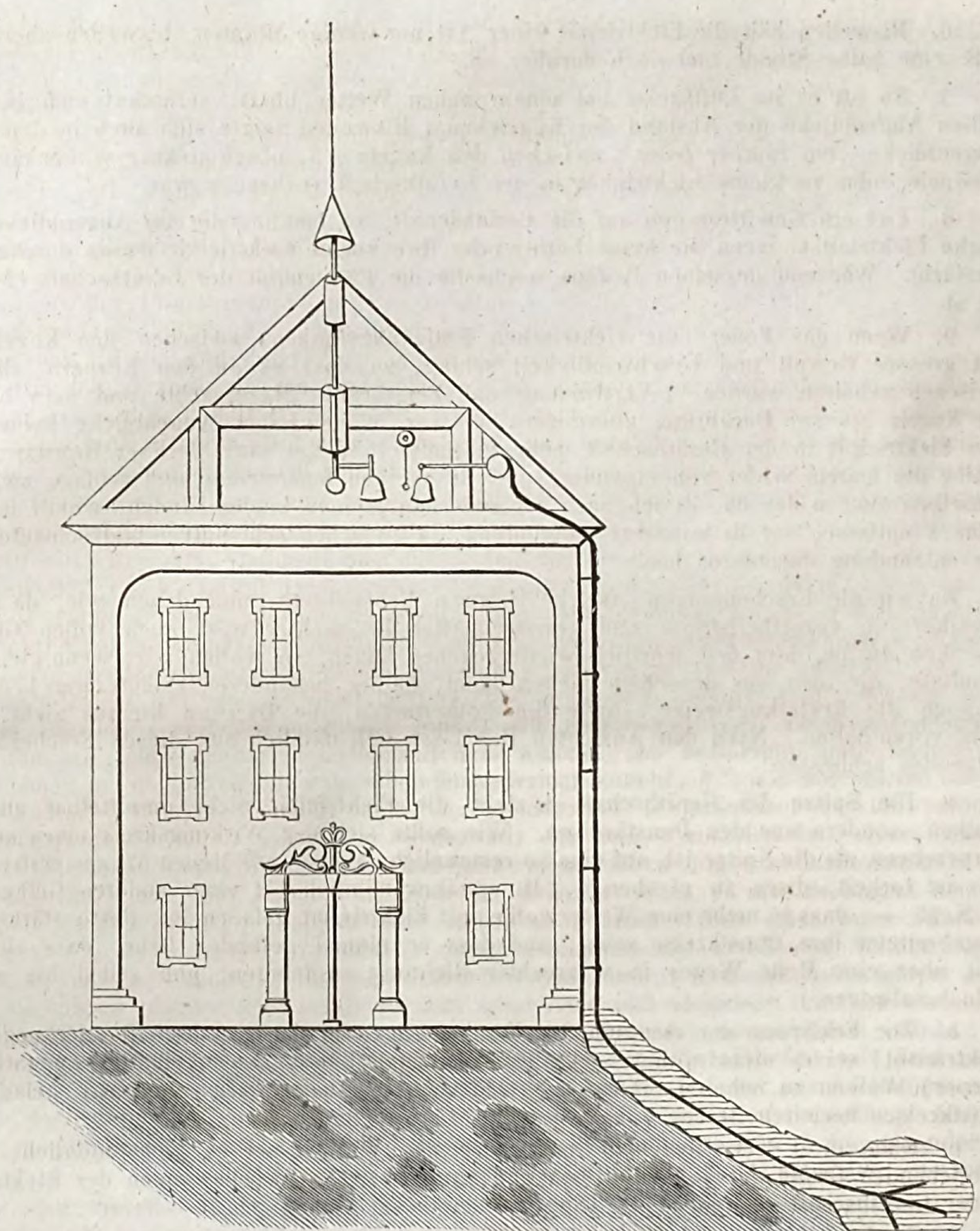


Fig. 84.

[4] Arago. IV. 280*. —

[5] Ueber die Veränderungen der Messingdrahtseile bei Blitzableitern. Kunst- und Gewerbeblatt, herausgegeb. von dem polytechnischen Verein für das Königreich Bayern. XXVIII. 148—160*.

Die hier aufgeführten Thatsachen verdienen die grösste Beachtung, da sie über die Eigenschaften eines Materiales für Blitzableiter Aufschluss zu geben vermögen, das eine so grosse Verbreitung in seiner Anwendung gefunden hat, ohne gegen wiederholte schwächere Blitzschläge oder auch nur gegen einen starken Entladungsschlag den gehörigen Schutz zu bieten. Ausserdem zeigt sich aus den vorliegenden Angaben, dass die Messingdrahtseile auch ohne wahrgenommene und stattgehabte Blitzschläge schon nach kürzerer oder längerer Zeit schadhaft und unbrauchbar werden können, und gerade dieser Umstand ist es, der hier besonders hervorgehoben werden muss, weil bei einer Ableitung, die durch einen Blitzschlag zerstört wird, der mannigfachen Ursachen halber, die hier gleichzeitig mitwirken können, es oft sehr schwer herauszustellen ist, welches der eigentliche Grund des sogenannten Einschlagens gewesen ist. Folgende Thatsachen werden in der citirten Quelle aufgeführt, die auf die Anwendung der Messingdrahtseile zu Blitzableitern sich beziehen:

1. Ein Stück eines Messingdrahtseiles aus sehr gutem Messing, das kaum ein Jahr auf dem Dache gelegen war, wurde vom Blitzableiter eines öffentlichen Gebäudes zu Braunschweig von Prof. SCHNEIDER zur näheren Untersuchung abgenommen. Das Seil misst $^7/_8$ Zoll im Umfange, und besteht aus 13 Messingdrähten, welche $^4/_5$ einer Linie dick sind. „Vier dieser Drähte bilden, indem sie gerade neben einander in der Mitte liegen, eine Seele, um welche die übrigen neun dergestalt herumgewunden sind, dass auf $1\,^3/_4$ — 2 Zoll Länge des Seiles ein Schraubengang jedes Drahtes fällt." Das genannte Drahtstück war schon nach kurzer Zeit verändert, und fast zerstört: „Die äusseren schraubenartig gewundenen Drähte sind durchgehends schwärzlich angelaufen, an unzähligen Stellen mit stark sichtbaren, fast ganz — von Aussen nach Innen — durchgehenden Querbrüchen versehen, auf diesen Bruchflächen stark oxydirt, und ausserdem überall so spröde, dass sie bei der schwächsten Biegung mit ausserordentlicher Leichtigkeit abbrechen." Die vier inneren Drähte erlitten dabei keine wahrnehmbare Veränderung. — Die genannten Veränderungen zeigten sich insbesondere da, wo das Seil um die senkrechten eisernen Auffangstangen gewickelt war, und wo es durch die eisernen Haken ging, welche zur Unterstützung der horizontal geführten Ableitung am Dache befestiget sind. Die Bedachung des Hauses besteht aus Gusseisen, und da wo die Seile mit dem Eisen nicht in Berührung standen, sollen sie geringer beschädiget gefunden worden sein (a. a. O. 148 — 150).

2. Die Beobachtungen an Messingdrahtseilen zu den Blitzableitern des Werkstättengebäudes im Centralbahnhof zu Darmstadt haben ähnliche Resultate ergeben. Die Drahtseile bestanden aus 10 schraubenförmig um einander gewundenen Drähten von $1{,}7^{mm}$ Stärke, von denen drei zu einem inneren Seile, und um diese dann die übrigen sieben Drähte in äusseren Windungen zusammengedreht waren. „Die Dicke der Drahtseile betrug im Durchschnitte etwa $6{,}5^{mm}$ (etwa 2,9 Par. Linien), und die Höhe einer äusseren Windung beiläufig 25^{mm}. Die Leitungen gingen nur bis zur Dachfläche, welche mit wellenförmigem Eisenblech überdeckt ist. Hier waren die Drähte auseinander gelegt, und auf einen kupfernen Streifen aufgelöthet, welcher auf dem Eisenblech befestiget war. Am unteren Ende waren die Seile auf einen Fuss Länge auseinander gewunden und in ausgemauerte und mit Kohlenstaub angefüllte, nach unten zu offene Löcher versenkt. Sämmtliche Leitungen waren zum Schutz gegen die Atmosphäre mit heller Oelfarbe angestrichen." Nach Verlauf von etwa 2 Jahren nach ihrer Herstellung wurden die sämmtlichen Leitungen in einem Zustande, wie er in 1. beschrieben wurde, befunden, mit dem Unterschiede, dass hier die 3 inneren Drähte zwar noch blank, aber ebenfalls jenen brüchigen und im Inneren feinkörnigen Zustand angenommen hatten. Beim Ausglühen in der Weingeistflamme nahmen die äusseren Drähte ihre frühere Geschmeidigkeit nicht wieder an, die inneren wurden zwar biegsamer, brachen jedoch nach einigem Biegen leicht wieder ab. — Eine ähnliche Drahtleitung, die zum Blitzableiter des Schornsteins der Dampfmaschine führte, wurde nach Verlauf von 3 — 4 Jahren dem äusseren Anschein nach in gutem Zustande befunden (a. a. O. 151 — 152). Es muss aber hiezu bemerkt werden, dass die genannte Ableitung mit Oelfarbe angestrichen war, wodurch dem Aeusseren nach eine Beschädigung gar nicht wahrnehmbar werden konnte, und dass ferner an der längs des Schornsteins gehenden Ableitung der Oelfarbenanstrich noch brauchbar war.

3. Die Blitzableitung am neuen Bürgerspitale zu St. Gallen wurde 6 Jahre nach ihrer Anlegung an 20 Stellen bedeutend beschädiget und unbrauchbar gefunden. Das Spitalgebäude zieht sich in seiner Länge von Ost nach West; das Dach ist mit Glarnerschiefer gedeckt, und es ziehen sich dabei drei Dachfirsten nach der Länge und vier nach der Breite des Gebäudes. Die Rauchfänge, enge russische Kamine, sind mit Eisenplatten gedeckt zum Schutze gegen den Regen. Die Blitzableitung zieht sich in 1 Fuss Entfernung über alle Längen- und Querfirsten des Daches, und an passenden Stellen finden Ableitungen zur Erde statt. Jede eiserne Platte auf den Kaminen hat oberhalb in der Mitte einen eisernen Ring, von wo Zuleitungen nach der Hauptleitung geführt sind. Die Haupt- und Zuleiter bestehen aus Drahtseilen von neun einzelnen Messingdrähten, wovon jeder Draht 2^{mm} dick ist (und es haben daher auch diese Drahtseile, da 1 Par. Fuss derselben nur etwa 78 Gramm wiegt, nicht die normale und erforderliche Dicke, was hier als berichtigend gegen die obige Angabe angeführt werden muss). Von dieser Ableitung zeigten sich die Zuleitungen nach den Kaminen sehr schadhaft, an einzelnen Stellen sogar vielfach gebrochen, und ausser diesen auch die Querleitungen, die über das Dach und theilweise vor Kaminen hinweggeführt sind, welche häufig benutzt werden. Die meisten Oefen im Spitale werden mit Torf von schlechter Qualität geheizt, der nach Aussage des dortigen Spitalverwalters Schwefeldämpfe entwickeln soll. In den Oefen der Krankenzimmer und in der Küche wird nur Holz, und zwar vorzugsweise Tannenholz verbrannt. Die Brüchigkeit der Drähte zeigte sich bei allen Kaminen in dem gleichen Grade, mag zur Feuerung nur Holz oder

zugleich Torf verwendet worden sein. Die bei der Verbrennung sich verflüchtigenden Theile sind in keine Verbindung mit den Bestandtheilen des Messings eingegangen; denn die Bruchflächen, wenn sie nicht von dem Rauche geschwärzt sind, haben noch dieselbe metallische Beschaffenheit wie der neue Draht." — Der für jene Drahtseile benutzte Draht wurde aus der k. k. Fabrik von Aachenrhein in Tyrol bezogen (a. a. O. 155—157) †.

Bevor wir die hier angeführten Fälle des Schadhaftwerdens von Messingdrahtseilen einer näheren Erörterung unterwerfen, sollen noch einige andere Umstände hier berührt werden, die über die Brauchbarkeit oder Unbrauchbarkeit des Messingdrahtes für die in Rede stehenden Zwecke maassgebende Aufschlüsse zu geben vermögen.

Vor allem wird bemerkt, dass schon aus früheren Zeiten bekannt ist, mit welchen Schwierigkeiten die Anfertigung brauchbarer Messinglegirungen verbunden ist. Schon Yelin hielt es für rathsam, Nürnberger Messingdraht den Fabrikaten aus Salzburg und Rosenheim vorzuziehen, weil jener eine grössere Leitungsfähigkeit, Zähigkeit und Geschmeidigkeit als diese habe, während Imhof den Tyroler-Musterdraht wegen seines grösseren Kupfergehaltes, seiner Weiche und Biegsamkeit als den tauglichsten bezeichnete. Da aber selbst der Messingdraht aus einer und derselben Fabrik zuweilen solche Eigenschaften besitzen kann, dass er unter gewöhnlichen Umständen schon sehr leicht brüchig wird, so scheint überhaupt die grösste Schwierigkeit in der Anfertigung der Legirung selbst zu liegen. Der geschickte Blitzableitersetzer Alois Wildenroder dahier, der aus der Schule Imhof's für besagte Zwecke hervorgegangen ist, und bis noch vor wenigen Jahren die Anlegung der Messingdrahtseil-Ableiter in Bayern sowohl, wie in manchen angrenzenden Städten der deutschen Bundesstaaten lange Zeit zu besorgen hatte, kann sich vieler Fälle erinnern, in welchen die Leitungen aus Messingdrahtseilen schon wenige Monate nach ihrer Anlegung durch atmosphärische Einflüsse unbrauchbar geworden seien, und daher durch neue Seile ersetzt werden mussten. Einige Beispiele dieser Art kamen dem genannten W. vor etwa 30 Jahren an nicht weniger als drei grossen Gebäuden innerhalb kurzer Zeit vor (Palais Sr. K. Hoheit des Prinzen Carl von Bayern, am Eingange in den k. englischen Garten, Wohnhaus des Kupferhammerwerks-Besitzers und Kaufmanns Gloner, Brauhaus der Brüder Pschorr in der Neuhausergasse zu München), wo der Draht bald nach der Herstellung des Ableiters so brüchig ward, dass er durch die geringsten Veranlassungen in Stücke zerrissen wurde, während die Sorten der Drahtseile, welche diese zu ersetzen hatten, derlei Beschädigungen selbst gegenwärtig noch nicht wahrnehmen liessen.

Die Veränderung des Messingdrahtes, wenn derselbe den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt ist, scheint ebenfalls schon in früheren Zeiten, wie diess aus Gütle's Bemerkungen über die geflochtenen Drähte aus Messing (J. K. Gütle, Lehrb. der praktischen Blitzableitungkunst, p. 35 *) hervorgeht, bekannt gewesen zu sein, und wird durch neuere Erfahrungen (Kunst- und Gewerbeblatt, XXVIII. 150 *; ferner Polytechnisches Journal CXLV. 194—197 *) bestätiget, und es geht sogar aus diesen hervor, dass unter Einwirkung der atmosphärischen Feuchtigkeit, selbst bei einer Temperaturerhöhung, die noch weit unter dem Siedepunkte des Wassers liegt, die Festigkeit des Messingdrahtes bedeutende Aenderungen erfahren könne.

Interessant sind die von dem Mechaniker Oeri zu Zürich über die Elasticität des Messings und seine Bearbeitung bekannt gemachten Erfahrungen (Kunst- und Gewerbeblatt XXVIII. 159 *. Diese Erfahrungen sollen schon dem längst verstorbenen Chemiker Darcet, J. P., bekannt gewesen sein). Oeri bemerkt nämlich: „Die Härte und Unbiegsamkeit hat ihre Grenzen, welche aber, so viel mir bekannt, nur noch oberflächlich festgestellt sind, so dass bei sorgfältigerem Abschmieden und Dehnen des Messings weit mehr Steifheit und Elasticität erreicht werden könnte. Diess dürfte unter folgenden zwei Hauptbedingungen der Fall sein: 1. das gelbe Messing soll im kalten Zustande geschmiedet und ausgestreckt, öfter mit kaltem Wasser abgekühlt werden; das Gleiche soll auch mit dem warm gewordenen Schmiedehammer geschehen; 2. das Messing darf nicht zu sehr ausgestreckt und also seine Moleküle nicht allzu stark zusammengepresst werden, weil nur alsdann das Stück seine grösste Elasticität und Steifheit erhält, ohne zu zerreissen." In Beziehung auf den ersten dieser beiden Umstände sei bekannt, dass das Messing, auch nur dunkelroth erhitzt, unter dem Hammer in tausend Stücke zerspringt, folglich könne auch eine weniger starke Erwärmung, die dennoch bei starkem und schnellem Abhämmern

† Im Monate August dieses Jahres (1859) hatte ich Gelegenheit, von einem ähnlichen Falle Einsicht zu nehmen, der an den Blitzableitern der neuen k. Infanterie-Kaserne zu München sich ereignete, und dessen nähere Beurtheilung von der höchsten Stelle mir anvertraut worden war. Dieser Fall war so complicirt, dass er die Einflüsse aller Ursachen, welche die Aenderung der Festigkeit der Messingdrahtseile herbeiführen können, vermuthen, und fast erkennen lassen konnte.

auf 40° R. kommen dürfe, schon nachtheilig werden, besonders wenn das Stück federhaltig werden soll. — Beim schnellen Durchziehen des Messingdrahtes durch das Zieheisen wird derselbe sehr erhitzt, so dass bei wiederholtem Durchziehen seine Elasticität geschwächt wird. — In Beziehung auf die zweite Bedingung bemerkt Ö., dass wenn der Messingdraht einmal durch den Zug verlängert worden ist (wie weit?) „diess die Norm sein möchte, um demselben die constante Elasticität beizubringen", vorausgesetzt, dass er durch den Zug nicht zu stark erhitzt worden ist. Durch das Ausglühen des steifgewordenen Messings werde die Elasticität geändert; beim zweimaligen Abschmieden werde es dem Zerreissen unterworfen, und „an seinem inneren Gehalte benachtheiliget". Messingfedern verlieren selbst durch das Löthen ihre Elasticität. „Die Versuche haben gezeigt, dass z. B. zwei Metallstreifen, wovon der eine ohne Abkühlung warm geschmiedet und ausgestreckt worden, mehr Senkung für ein gleiches Gewicht zeigte, als der andere kalt abgeschmiedete Streifen, der nur die Temperatur des Zimmers, etwa 12° R. annehmen konnte. Nach gar starker Belastung kam der erstere nicht mehr ganz auf Null zurück, wohl aber der ganz kalt geschmiedete, ein Beweis, dass die Behandlung des letzteren vorzüglicher gewesen. Bei ganz dünnen Messingstreifen tritt diese Erscheinung noch auffallender hervor; wogegen bei starken Federn von grossen Dimensionen die Verschiedenheit geringer ist" (a. a. O. 159—161, aus den Verh. der techn. Gesellsch. in Zürich durch das polytechn. Centralbl. 1850, p. 43). — [Eine auffallende Erscheinung, deren Erklärung zu geben gewagt sein dürfte, möchte vielleicht auch hieher gehören. Während eines Gewittersturmes fand man den schönen Ton einer Thurmuhrglocke zu Cumberwell, Grafschaft Surrey (am 1. August 1846), plötzlich verändert, aber nur momentan. Ein zweiter Gewittersturm (4. August 1846) veränderte denselben andauernd. Berl. Ber. III. 348*.] Betrachten wir nun die vorstehenden Thatsachen, so dürften sich die folgenden Resultate für die Anwendbarkeit des Messings zu dem in Rede stehenden Zweck ergeben:

a. Schon unter gewöhnlichen Umständen, und selbst bei nicht starkem Temperaturwechsel kann der Messingdraht durch atmosphärische Einflüsse Aenderungen erfahren, wodurch seine Dehnbarkeit beeinträchtiget wird. Bleibt der Messingdraht längere Zeit den atmosphärischen Einwirkungen ausgesetzt, so verändert sich nicht bloss seine Oberfläche, sondern er nimmt auch mit der Zeit ein krystallinisches Gefüge an, und wird so spröde, dass derselbe durch Einwirkung von schwachen Zugkräften oder geringfügigen Belastungen, und selbst durch geringe Erschütterungen, wie sie bei ausgespanntem Messingdrahte im Freien unvermeidlich sind, zerrissen werden kann.

Es hat den Anschein, dass die Bereitung des Messings selbst während des Legirens auf diese Eigenschaft grossen Einfluss ausübt, denn von den bis jetzt untersuchten Messingsorten (die mir bekannt geworden sind) zeigte sich, dass fast alle krystallinisch sind, und nur eine der untersuchten Legirungen als nicht krystallinisch befunden wurde. Die Versuche von Mallet ergaben nämlich diese eigenthümlichen Resultate, die wir hier (nach Graham-Otto's Lehrbuch der Chemie, II. 2, p. 828*, wo sie im Auszuge aus Dingler's polyt. Journ. LXXXV. 375 entnommen worden sind) anführen wollen:

Kupfergeh. der Legirung in Proc.	Aequivalente. Kupfer	Zink.	Farbe derselben.	Bruch.	Bemerkungen.
90,7	10	1	röthlichgelb	grob krystallinisch	Einige bei hoher Temperatur hämmerbar.
89,8	9	1	do.	fein krystallinisch	
88,6	8	1	do.	do.	
87,3	7	1	do.	do.	
85,4	6	1	gelblichroth	fein faserig	
83,0	5	1	do.	fein krystallinisch	Prinzmetall.
79,6	4	1	do.	do.	Gewalztes Messingblech.
74,6	3	1	blassgelb	do.	Englisches Messing.
66,2	2	1	hochgelb	do.	Deutsches Messing.
49,5	1	1	do.	grob krystallinisch	Deutsch. M. für Uhrm.
32,8	1	2	dunkelgelb	do.	Sehr spröde.
31,5	8	17	silberweiss	muschlig	
30,4	8	18	do.	glasig muschlig	
29,1	8	19	silbergrau	muschlig	

Es erscheint daher als nicht unwahrscheinlich, dass durch das Walzen und Ziehen ein künstlicher Zustand im Messingdraht herbeigeführt werde, der bei vielen Messingsorten selbst mit der Zeit wieder in den normalen, nämlich in den krystallinischen übergehen

kann, und dass diese Veränderung durch äussere — allerdings noch nicht ausgemachte Einflüsse — beschleuniget werden könne.

b. Durch raschen Temperaturwechsel, wie derselbe an Ableitungen, die über oder an Kaminen wegführen, häufig vorkommen kann, durch blosse Temperaturerhöhungen, die kaum den Siedepunkt des Wassers erreichen, und überhaupt durch Einwirkung der Wärme erleidet der Messingdraht Aenderungen, die ihn für besagten Zweck unbrauchbar machen.

Schon die durch die Erwärmung und Abkühlung beziehungsweise hervorgebrachte Ausdehnung und Zusammenziehung kann bei einer so empfindlichen Legirung, wie sie das Messing zu sein scheint, selbst bei geringen Temperaturänderungen nicht ohne Einfluss auf den Aggregatzustand desselben sein. Wenn nun, wie es bei Blitzableiterdrähten der Fall ist, ein einfacher Drath oder ein Drahtseil im Freien ausgespannt und hier dem Einflusse starker Erhitzungen und den darauf folgenden Abkühlungen ausgesetzt ist, so wird der Messingdraht, da sein Ausdehnungscoefficient ohnehin gross ist, und dem des Zinkes bei verringertem Kupfergehalte näher zu rücken scheint (für Messingdraht ist bei einer Temperaturerhöhung von 0 ° C. bis 100 ° C. nach Despretz der Ausdehnungscoefficient 0,00187821, nach Herbert 0,00188500) bei einer stattfindenden Erhitzung, z. B. in der Nähe eines Kamines, sehr stark ausgedehnt, bei einer darauf folgenden Abkühlung mit einer bedeutenden Kraft zusammengezogen. Da nun die Wärmeleitungsfähigkeit so langer Seile, wie sie bei Blitzableitern vorkommen, ohnehin gering ist, so muss sowohl die Festigkeit, wie die Elasticität solcher Seile nothwendig alterirt werden. Solche Temperaturänderungen kommen aber nicht bloss in der Nähe der Kamine vor, sondern sie werden auch durch den über das Dach hinziehenden Rauch, ferner durch Insolation etc. etc. herbeigeführt, und es ist daher ein ausgespanntes Messingdrahtseil schon durch die alleinige Mitwirkung der Wärme dem Schadhaftwerden mehr unterworfen, als Drähte aus Kupfer und Eisen. Wenn nun hiezu auch noch der Umstand kömmt, dass das Messing an und für sich eine von der Temperatur sehr abhängige und mit ihr sehr veränderliche Elasticität besitzt, so möchten die Zerstörungen an Messingdrahtseil-Ableitern leicht zu erklären sein.

c. Ein Messingdraht, welcher entweder andauernd oder von Zeit zu Zeit als Schliessungsdraht schwacher elektrischer Entladungen oder Volta'scher Ströme dient, erleidet in seinem Gefüge ähnliche Aenderungen, wie durch Einwirkung der Atmosphärilien und der Wärme. — Zur Entstehung derartiger Ströme dürften aber die Umstände nicht selten vorhanden sein, da ohnehin die von der Dachfirste ausgehenden mehrfachen Ableitungen einen in sich geschlossenen Leiter (nach Einschaltung des Bodens, in den sich die Leitungen verzweigen) bilden können, und die Veranlassung zur Entstehung thermoelektrischer, dann der sogenannten tellurischen Ströme ohnehin im Laufe des ganzen Jahres nicht fehlen dürfte. Solche Ströme können aber, wenn gleichwohl ihre Intensität nur schwach ist, bei oft wiederholtem und vielleicht sogar anhaltendem Auftreten Wirkungen mit der Zeit hervorbringen, wie sie eben von starken Entladungs- und Volta'schen Strömen in kurzer Zeit ausgeübt werden. Uebrigens kann man nach den oben über die Wirkung der Blitzableiter aufgeführten Thatsachen annehmen, dass während eines Gewitters vielleicht nicht selten in manchen Blitzableitern wiederholt Entladungen auftreten, die, wenn sie nicht stark sind, selbst in mangelhaften Blitzableitern keine wahrnehmbaren Wirkungen hervorzubringen vermögen, hingegen nach und nach zum Schadhaftwerden der Messingdrahtseile gewiss beitragen, während bei fehlerhaften Blitzableitern derlei Wirkungen nicht leicht, auch nach längerer Zeit wahrgenommen werden können. —

Ausserdem zeigen die oben angeführten Facta, dass selbst die blosse Berührung des Messingdrahtes mit anderen Metallen eine Quelle zur Zerstörung desselben werden kann, wenn diese Berührung unter Einwirkung der Feuchtigkeit stattfindet.

d. Es scheint, dass nicht bloss durch die Behandlung, sondern auch durch die Zusammensetzung der Legirung der Messingdraht die oben genannten Eigenschaften in verschiedenem Grade annimmt, und dass die Messingdrahtsorten, welche grösseren Kupfergehalt besitzen, ihre molekularen Eigenschaften durch Einwirkung der Wärme und äusserer Einflüsse weniger ändern, als diejenigen, welche grösseren Zinkgehalt, und vielleicht noch andere Bestandtheile, wie z. B. Blei, nachweisen lassen. (Die bekannt gewordenen Messing-Analysen ergaben folgende Resultate:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Kupfer	71,36	70,1	70,16	70,29	78,89	65,8
Zink	28,15	29,9	27,45	29,26	27,63	31,8
Zinn	—	—	0,79	0,17	0,85	0,15
Blei	—	—	0,20	0,28	—	2,15

Hierin bedeuten I. Neustadt-Eberswalde bei Berlin. II. Sehr hämmerbares Messing von Romilly. III. Messing von Hegermühl. IV. Englisches Messing. V. Messing von Augsburg. VI. Messing von Stolberg bei Aachen.)

Endlich soll noch die Einwirkung des Rauches auf Leitungen in Erwägung gezogen werden, die über oder an Kaminzungen hinweggeführt werden. Der über einem geheizten Kamin hinweggehende Theil der Leitung der Blitzableiter wird durch die aus dem Kamin entweichenden Zersetzungsproducte zeitweise in eine Atmosphäre versetzt, die bei hoher Temperatur durch längere oder kürzere Zeit auf ihn einwirken kann. Diese Temperatur mag nicht selten den Siedepunkt des Wassers weit übersteigen, und kann sogar zuweilen eine Höhe erreichen, bei welcher sie unter andauernder Einwirkung die Leitung in einen mindestens dem schwächsten Glühgrade nahen Zustand versetzt. Dass dieser Zustand, wenn er auch nur kurze Zeit, und selbst nur einmal in einem in der Luft ausgespannten Drahtseile vorkömmt, den Molekularzustand des letzteren in irgend einer Weise bleibend ändern müsse, ist wohl von vorneherein zu vermuthen, und wurde durch die bekannten Erfahrungen bei Messingdrahtseilen diess auch bestätiget. Ob aber ein ausgespannter Messingdraht in einem dem schwachen Glühen nahen Zustande nicht zugleich von den in der ihn umgebenden Atmosphäre enthaltenen Verbrennungsproducten der angewendeten Heizmaterialien auch chemisch afficirt werden könne, möchte schwer in Abrede zu stellen sein, so lange nicht derlei Drahtstücke der chemischen Analyse unterworfen worden sind. Die stärksten Beschädigungen von Messingdrahtseilen, die über geheizte Kamine hinwegführen, hat man bei der Braun- und Steinkohlen-Heizung, und bei Torf, geringere aber bei Heizung mit Holz wahrgenommen. Die Producte der unvollständigen Verbrennung, d. h. die Bestandtheile des sogenannten Rauches, sind z. B. bei der Steinkohlen-, sowie bei der Braunkohlen-Heizung: Kohlensäure, Wasser, Kohlenoxydgas, brenzliche Oele und theerartige Substanzen, Schwefelkohlenstoff, Schwefelwasserstoff, einfaches Kohlenwasserstoffgas, doppelt Kohlenwasserstoff etc. etc., sowie feste im Zustande der feinsten Vertheilung befindliche russartige Körper; die Producte der vollständigen Verbrennung aber möchten hiebei beiläufig sein: Kohlensäure, Wasser, schwefelige Säure, schwefelsaures Ammoniak, Salpetersäure, salpetersaures Ammoniak etc. etc. Wie könnte man also mit Gewissheit behaupten, dass eine chemische Veränderung eines ausgespannten Messingdrahtseiles, das bei sehr hoher Temperatur dem Einflusse von Atmosphären, wie die genannten oft stundenlang, fast an jedem Tage im Laufe des Jahres ausgesetzt ist, keine chemische Veränderung nach und nach erfahre! Dass das äussere Ansehen, so wie vielleicht eine allenfallsige Wägung hierüber nicht entscheidend sein kann, möchte durch ein einfaches Beispiel, das wenigstens indirecte Anwendung hier finden dürfte, klar gemacht werden können. Bekanntlich wiegt ein bayer. Fuss Blitzableiterdrahtseile, wie solche diesseits in den letzten 2 Jahrzehnten angewendet wurden, kaum 5 bayer. Loth. Wenn man nun ein Stück Rundeisen von 4 Fuss Länge und dem eben genannten Gewichte einer Operation aussetzen würde, die dem sogenannten Cementiren ähnlich ist, so dass beiläufig 0,4 Quint Kohlenstoff gleichartig mit ihm in Verbindung kämen, so würde dieses Eisenstück eine Gewichtszunahme von etwa $\frac{1}{200}$ seines vorigen Gewichtes erfahren: also eine Gewichtszunahme, die man kaum direct zu bestimmen mit Sicherheit im Stande wäre. Trotzdem hätte aber das genannte Stück Schmiedeeisen durch die erwähnte Behandlung Aenderungen erfahren, durch welche dasselbe in einen neuen, heut' zu Tage noch für Chemiker und Physiker räthselhaften Körper, nämlich in Stahl verwandelt worden ist! Aehnliche Beispiele möchten noch viele hier angeführt werden können, aus welchen schon per Analogie zu schliessen gewagt werden dürfte, dass ein Blitzableiter-Drahtseil, das durch längere oder kürzere Zeit bei sehr hoher Temperatur dem Einflusse der Verbrennungsproducte unserer Heizmaterialien ausgesetzt ist, gegen diese nicht sich chemisch indifferent verhaltend bleiben könne. Welche chemische Aenderungen aber eine Ableitung unter genannten Umständen erfährt, ob sich dieselben nur auf die Oberfläche, oder selbst gegen die inneren Theile erstrecken etc., das möchte durch künftige Untersuchungen erst festzustellen sein, aber dass durch die genannte Einwirkung der betreffende Theil der Leitung in einen neuen Körper verwandelt wird, der als Leitungsmaterial unbrauchbar ist, möchte als entschieden angesehen werden dürfen. — Es bedarf keiner besonderen Auseinandersetzung, dass derlei Aenderungen nicht bloss die Ableitungen aus Messingdrahtseilen, sondern auch solche aus irgend einem anderen Metalle ebenfalls erfahren werden, und dass deshalb jede Ableitung an solchen Stellen, wo sie über oder an Kaminen hinweggeführt wird, durch einen passenden Anstrich oder Ueberzug gegen den Einfluss des aus den Kaminen entweichenden Rauches geschützt werden müsse. — Uebrigens muss hier noch beiläufig bemerkt werden, dass dünne Drähte, sowie Drahtgeflechte durch die genannten Einflüsse weit leichter zerstörende Einwirkungen erfahren können, als dicke Drähte oder stangenförmige Leiter.

6 F. X. Epp, Abhandlung von dem Magnetismus der natürlichen Elektricität. München bei Fritz 1777, p. 50*. Anmerk. lit. o. und p. 63*.

Diese Schrift hatte eigentlich mehr den Zweck, die damals herrschenden Vorurtheile gegen die Anlegung von Blitzableitern zu bekämpfen, als Vorschriften über die Construction der letzteren zu geben, oder anderweitige Probleme der Physik, die jener Titel anzuzeigen scheinen könnte, zu behandeln. Es ist bemerkenswerth, dass die gegen die Ankämpfer der Franklin'schen Lehren gegen Ende des vorigen Jahrhunderts und zu Anfang des gegenwärtigen aufgetretenen Physiker, die dem geistlichen Stande angehörten, am Entschiedensten sich für die Anlegung von Blitzableitern aussprachen, und die damals so vielfach verbreiteten irrthümlichen Volksmeinungen am meisten zu beseitigen suchten. Zu diesen ausgezeichneten Männern gehören bekanntlich die Physiker: Priestley (1733—1804), Mazeas (1712—1776), Beccaria (1716—1781), Epp (1733—1789), Hemmer (1733—1790), Toaldo u. A., und selbst Imhof (1758—1817), dessen Hauptaufgabe in der letzten Zeit seiner Thätigkeit die Construction zweckmässiger Blitzableiter war. — Die hier citirte Schrift Epp's soll sogar bei ihrem Erscheinen des auf dem Titelblatte enthaltenen Kupferstiches halber (einen mit Krone, Zepter und Adler gezierten, auf einer schwarzen Gewitterwolke schwebenden Jupiter vorstellend, wie er eben auf ein, rechts im Vordergrunde stehendes, mit einem, in Kettengestalt geformten Blitzableiter bewaffnetes Haus, ohne es zu verletzen, einen gewaltigen Blitz schleudert, mit der Unterschrift aus Virgil: *Vanae sine viribus irae* — Zorn ohne Macht ist eitel —) beanstandet worden sein, so dass das Büchlein cassirt worden sein soll, und sogleich darauf eine neue Ausgabe erschien, die zwar jenes Titelblatt enthält, dem aber das eben angeführte Motto fehlt.

Ob übrigens gerade Epp zuerst die Ableiter aus geflochtenem Eisendraht zum Vorschlag gebracht hat, muss deshalb bezweifelt werden, weil die Sternwarte zu Padua (unter Toaldo's Leitung stehend) schon im Jahre 1777 einen Blitzableiter hatte, der aus drei starken zusammengeflochtenen Eisendrähten bestand (Reimarus, a. a. O. 385*). Dass aber Epp es für nöthig hielt, den Ableiter von gehöriger Dicke zu nehmen, geht aus den an einigen Stellen seiner Schrift hierüber gegebenen Anhaltspunkten, und insbesondere aus dem hervor, was er in §. XL, p. 53* sagt: „Wir haben kein Beispiel in der Natur, dass die Donnermaterie ein Eisen geschmolzen, dessen Dicke fünf bis sechs geometrische Linien war, folglich sind die von Eisendraht geflochtenen Ableiter, wenn sie gehörige Dicke haben, im Stande, auch den stärksten Blitzstrom in Attractionssphäre zu erhalten etc. etc.“

7 Theoretisch-praktische Anweisung zur Anlegung und Erhaltung zweckmässiger Blitzableiter. Auf allerhöchst. königl. Befehl verfasst vom Akademiker und Kanonikus v. Imhof; und genehmigt von der königl. Akad. der Wissensch. in München. München 1816. Kl. 8.

Als Vortheile „des gesponnenen Messingdrahtes von gehöriger Dicke“ hebt Imhof Folgendes hervor: das Leitungsvermögen des Messings sei fast dem des Kupfers gleich, aus mehreren Drähten zusammengesetzt und gehörig gesponnen, gebe der genannte Messingdraht 400—500 Fuss Länge „ohne mindester Unterbrechung, ohne Zusammenfügung, ohne Kanten und Spitzen, und biete dem Blitze die Summe aller Oberflächen der einzelnen Drähte, sohin einen zureichenden Flächenraum zur freien Verbreitung dar“ etc., roste nicht, der freien Luft ausgesetzt, „schmelze nahe so hart als Kupfer“ etc., zeichne sich an Geschmeidigkeit, „an Biegsam- und Bequemlichkeit zur Arbeit vor allen anderen aus“, und stehe „zu Ableitern verarbeitet an Wohlfeile keinem andern nach“ (a. a. O. p. 32*). — Es bedarf wohl keiner besonderen Auseinandersetzung, dass die meisten der hier aufgezählten Vorzüge des Messingdrahtes in seiner Anwendung zu Blitzableitern bereits nicht mehr existiren, wenn gleich dieselben zu Imhof's Zeiten noch ihre Geltung finden mussten, weil die Mittel, um dieselben zu widerlegen, damals noch fehlten, und angenommen werden darf, dass Imhof selbst die Messingdrahtseile nicht eingeführt hätte, wenn ihm die Eigenschaften derselben schon bekannt gewesen wären. Es mag übrigens die Bemerkung nicht uninteressant sein, dass die von Imhof angegebene Dicke der Messingdrahtseile der sehr nahe kömmt, welche man einer Leitung aus Kupfer geben muss, wenn diese einer 6''' starken Eisenleitung äquivalent sein soll. —

8 J. C. von Yelin. Ueber die Blitzableiter aus Messingdrahtstricken etc. München 1824. 2. Aufl.

Yelin fand es für rathsam in Folge der beiden bedeutenden Blitzschläge zu Seefeld und Rossstall (die in dieser Schrift beschrieben werden) die Drahtseile von nun an stärker zu nehmen, als sie an den Blitzableitern der beschriebenen und beschädigten Gebäude von Imhof benutzt wurden. Von jedem dieser beiden Blitzschläge wurde zwar schon oben (Seite 21) Erwähnung gethan, aber da gerade diese beiden Fälle schon zur Entscheidung über die Brauchbarkeit der Messingdrahtseile hätten dienen können, so erscheint es als

nothwendig, das Wichtigste über den Sachbefund bei jenen Unfällen hier besonders hervorzuheben. — Der zu Rossstall im ehemaligen Rezatkreise (jetzt Mittelfranken) im Königreiche Bayern am 30. April 1822 auf dem dortigen Kirchthurm vorgekommene Blitzschlag wird von dem hiezu abgeordneten königlichen Commissar, Prof. KASTNER, beiläufig in folgender Weise beschrieben. Um 6 Uhr Abends schlug der Blitz aus einer sehr tief gesenkten, auffallend grossen Wolke, senkrecht auf die Auffangstange des 156 Fuss hohen, weit umher die Gegend überragenden und beherrschenden Thurmes nieder, welcher mit einer einfachen, 8¼ Zoll langen, kegelförmigen, unten ⅝ Zoll (beiläufig 6,8 Par. Linien) dicken, scharf zugespitzten und oben schlecht vergoldeten sogenannten Einsaugsspitze von Kupfer versehen war. „Der Blitz zerschmelzte das feinste Ende dieser Spitze, bog den übrigen Theil derselben etwas schrauben- oder vielmehr bockhornförmig krumm, verfolgte dann das Messingdrahtseil, welches vor dem Zifferblatte der Uhr vorbeiging, bis zur Thurmuhr selbst, und theilte sich dort, allen Anzeigen nach, in drei Theile, deren erster — in der Nähe des Zifferblattes — in den Thurm selbst hineinging, die Hälfte des Zifferblattes zerschmetterte, neben demselben einige Steine ausbrach, und aus dem in der Kirche entstandenen erstickenden Dunste und phosphorig-schwefeligtem Geruche zu urtheilen, seinen Weg der Mauer entlang, in das Innere der Kirche genommen haben muss“, während der zweite Ast, in fast horizontaler Richtung zu der von der ersten Leitung abgesonderten zweiten Ableitung der Kirche selbst übersprang, und hier durch die an der Ecke zwischen Thurm und Kirche befindliche Leitung abgeführt worden sein soll, während der dritte und stärkste Zweig seinen Weg an der senkrechten Ableitung des Thurmes vom Zifferblatte aus bis zum Boden fortsetzte, „wobei er das ganze Drahtseil in viele Stücke von ungleicher Grösse zertrümmerte und den über der Bodenleitung stehenden hölzernen Ableiterkasten auseinander riss“, ohne weiteren Schaden anzurichten.

Die von YELIN untersuchten Stücke der Leitung zeigten eine gewaltsame Zerreissung des ganzen Drahtseiles sowohl, sowie der einzelnen Drähte, und letztere erschienen senkrecht auf die Axe des Drahtes völlig abgesprengt, ohne eine Schmelzung im Bruche dabei wahrnehmen zu lassen. „Merkwürdig ist ferner (bemerkt Y.) die dabei wahrnehmbare schraubenförmige Folge der über die einzelnen Drähte des Seils rings umher gehenden Brüche.“ Das Drahtseil bestand aus 10 Drähten zu ¾ Linien Dicke von „Salzburger- oder Tyroler-Messing“, und es wogen 13 bayer. Fuss 1 bayer. Pfund. Die Erde, in welcher die Bodenleitung lag, bestand aus leichtem trockenen Schutte, während feuchte Erde und Sammelwasser auf dem ganzen Kirchhofe zu Rossstall sich nicht vorfanden (a. a. O. p. 14*).

Der hier erzählte Vorfall veranlasste zu den Fragen: „ob überhaupt die aus Messingdrahtstricken geflochtenen Ableiter dem beabsichtigten Zwecke genügen, und ob nicht die nach älterer, besonders nach HEMMER's Art, aus Eisenstangen zusammengesetzten Ableiter vor jenen den Vorzug verdienten?“ (a. a. O. p. 1*). Ohne die Beantwortung dieser Fragen abzuwarten, wurde der beschädigte Blitzableiter an der Rossstaller Kirche durch einen eisernen, nach HEMMER's Vorschrift eingerichteten Ableiter ersetzt (man sehe J. K. GÜTLE: Pragmatische Darstellung der prakt. Blitzableitungswissenschaft, Nürnberg, Kl. 8., p. 22*); VON YELIN suchte aber den Hauptfehler des früheren Ableiters in der unzureichenden Dicke des Drahtseiles, und in einem weiteren weniger beträchtlichen, der mangelhaften Bodenleitung nämlich. Er rieth daher „für ein Messingdrahtseil etwa eine Länge von 10 bayer. Fuss auf's bayer. Pfund als das Minimum von Stärke anzunehmen, um zu Blitzableitungsdrähten mit Sicherheit angewendet werden zu können“ (a. a. O. p. 23*). Stärkere Seile hingegen, als 10 bayer. Fuss lange per Pfund, seien nicht mehr gut zu biegen und um die Klammern zu winden, und ihre Stärke sei ohnehin schon bedeutend grösser, als die der IMHOF'schen, und seien „auch gewiss für jeden Blitzschlag ausreichend“ (a. a. O. p. 24). — Man sieht, dass die von YELIN hier gegebenen Vorschriften einen grossen Grad von Unsicherheit an sich tragen, denn einmal sagt derselbe, die von ihm angegebene Stärke der Drahtseile sei als ein Minimum anzusehen, während er an der zuletzt angeführten Stelle bemerkt, dass diese Drahtseile ausreichenden Schutz darbieten, an einer anderen Stelle aber sagt, dass über die für jedes Metall anzuwendende Dicke bisher kein bestimmtes Maass als Norm feststehe „und die Erfahrung an Blitzableitern selbst nach und nach hierin die alleinige Lehrmeisterin sein könne (a. a. O. p. 23*), oder was offenbar dasselbe aussagen soll: man wähle die Dicke des Blitzableiterdrahtseiles zuerst beliebig, und warte ab, bis eine Blitzesentladung die Leitung zerstört, nehme sie hierauf noch etwas dicker, als vorher, warte wieder eine Zerstörung der Ableitung ab, und fahre so fort, indem man durch den Blitz Experimente anstellen lässt, bis man endlich einmal auf eine passende und zweckmässige Anordnung gelangt ist. Es bedarf wohl keiner besonderen Erörterung, dass man durch derartige Experimente nie zu einem nur annähernd maassgebenden Resultate gelangen kann, und dass daher die Vorschläge YELIN's in der

genannten Angelegenheit keine besondere Beachtung verdienen. Man sieht übrigens, dass Yelin durch die Ansicht irre geleitet worden ist, dass Messing dieselbe Leitungsfähigkeit, wie das Kupfer habe. Er legte dabei van Marum's Versuche zu Grunde, nach welchen, wenn eine eiserne Ableitung die Dicke von $\frac{1}{2}$ Par. Zoll habe, „ein kupferner Ableiter 4 Par. Linien breit und dick sein müsse" (Gilbert's Annalen der Physik, I. 265*), ohne dabei zu beachten, dass 4 Par. Linien fast 4,5 bayer. Linien geben, und die Dicke der von ihm vorgeschlagenen Drahtseile nur beiläufig 2,7 bayer. Linien im Mittel hatte, abgesehen davon, dass van Marum von der Leitungsfähigkeit des Messings bei den eben citirten Versuchen gar keine Erwähnung machte.

Dass übrigens die von Yelin angerathene Vorsicht in der Praxis sich nicht bewährte, geht daraus hervor, dass der schon oben erwähnte Blitzableitersetzer A. Wildenroder es für rathsam hielt, bei der Anlegung eines Blitzableiters auf der neuen St. Ludwigskirche zu München Drahtseile zu nehmen, von denen 7 bayer. Fuss 1 bayer. Pfund wiegen, deren Dicke also beiläufig 3,6 bayer. Loth beträgt, und die seit jener Zeit und noch gegenwärtig im Gebrauche sind, obgleich die Mangelhaftigkeit der Blitzableiter-Messingseile durch wiederholte Beispiele sich zur Genüge dargelegt hat.

Was aber das eben erwähnte Ereigniss zu Rossstall betrifft, so muss bemerkt werden, dass nicht bloss die Dicke der angewendeten Drahtseile viel zu gering, dass ferner nicht bloss die Bodenleitung unbrauchbar war, sondern dass auch ein Hauptmangel in der nichtmetallischen Verbindung der Drahtstücke unter sich und mit der Auffangstange lag, und es ist dieser Mangel durch das Abspringen des Blitzes in der Nähe des Zifferblattes der Thurmuhr auch herausgestellt. Die Blitzableitersetzer, welche sich der Drahtseile bedienen, bringen nämlich die Leitungstücke unter sich nicht durch Löthen in Verbindung, sondern es werden diese nur an einander geknüpft, und ebenso hält man es gewöhnlich für ausreichend, die Leitungsdrähte bloss um die Auffangstangen zu winden, ohne eigentlich eine metallische Verbindung dabei herzustellen. Zwei andere Beispiele erwähnt Yelin selbst (a. a. O., p. 18*), die diese Behauptung bestätigen dürften. Der eine dieser Fälle kam nämlich auf dem Schlosse zu Starnberg (6 Stunden südwestlich von München) vor, wo auf der Dachfirste an beiden Enden Auffangstangen waren, die man unter sich mit einem Drahtseil verband. „Der Blitz riss dieses Drahtseil, ohne es in der Mitte weiter zu beschädigen, ganz symmetrisch vorn und hinten, in einem gleichen Abstande von etwa 2 bis 3 Fuss von jeder der beiden Stangen entzwei, und zwar so, dass die Bruchflächen um das ganze Drahtseil herum wiederum wie bei dem Rossstaller-Drahte eine Art von Schraube zu bilden schienen." In dem zweiten der hier erwähnten Fälle wurde ein Privathaus zu Dachau (6 bis 7 Stunden nordöstlich von München) von einem Blitzschlage getroffen, und dabei der Draht dicht an der Auffangstange zerrissen, „um welche er gewunden war." Ebenso zeigte sich bei dem Blitzschlage der Schlosskirche zu Seefeld (a. a. O., p. 37*), dass das Drahtseil nach mehrfachem Abspringen des Blitzes nicht geschmolzen, sondern zertrümmert wurde, woraus also hervorgeht, dass es keinen ununterbrochenen Leiter bildete. Uebrigens möchten die sämmtlichen hier aufgeführten Thatsachen auch vermuthen lassen, dass die Drahtseile der vom Blitze getroffenen Gebäude, die in Erwähnung kamen, schon vorher in einem Zustande sich befanden, der von dem des reinen metallischen Messings verschieden war, und dass die eingetretene Zersplitterung vielleicht auch später durch starke Windstösse herbeigeführt, wenn sie nicht schon vorher durch Blitzesentladungen mechanisch zerstört worden wären.

In der hier citirten Schrift zählt Yelin (p. 32—35) die Vorzüge der Drahtgeflechte aus Messing gegen eiserne Ableiter auf. Von den sechs dabei aufgezählten Vorzügen können wir aber nur diejenigen anerkennen, welche sich auf die Geschmeidigkeit der Drahtseile, auf die Herstellung derselben bis zu einer beliebigen Länge ohne Unterbrechung und auf die Handhabung derselben beim Anlegen der Leitung beziehen, und selbst diese Vortheile werden bedeutend alterirt, wenn man Drahtseile von solcher Dicke wählt, wie sie nach der specifischen Leitungsfähigkeit des Messings (im Mittel) einer Leitung aus Eisen äquivalent sein sollen. Was aber das Gewicht einer solchen Leitung betrifft, so beträgt dasselbe nicht $\frac{1}{3}$ des Gewichtes einer äquivalenten Leitung aus Eisen, wie diess Yelin angiebt, sondern es wiegt eine der eisernen äquivalente Leitung aus Messing höchstens um ein Drittel weniger, als jene. Die Kosten einer derartigen, nämlich der der eisernen äquivalenten Messingdrahtseil-Ableitung hingegen stellen sich weit höher heraus, als die einer Leitung aus dem besten Schmiedeeisen. Selbst der von Yelin (a. a. O., p. 33—35) berechnete Kostenvoranschlag giebt hierüber Aufschluss. Nach Yelin's Berechnung einer Leitung für die Kirche und Thurm zu Rossstall würden die Kosten

des Messingdrahtseiles zu 520 bayer. Fuss Länge oder beiläufig 470 Par. Fuss, wenn 10 bayer. Fuss 1 Pfund wiegen, betragen	54½ Fl.
der hiezu nöthigen Eisenklammern .	8 „
des Arbeitslohnes für 2½ Tage, à 4½ Fl., ...	11¼ „
also in Summe	73 Fl. 45 Kr.
Hingegen kostet ein Messingdrahtseil von normaler und dem eisernen Leiter äquivalenter Dicke, zu 470 Par. Fuss Länge, beiläufig	157 Fl.
und würden die Nebenausgaben die vorigen bleiben, also	19¼ „
so würde ein brauchbarer Messingdrahtseil-Ableiter mindestens kosten: . .	176¼ Fl.,

eine Summe, die übrigens nicht ausreicht, weil sowohl die Arbeitszeit, als auch die Nebenmaterialien und das sorgfältige Zusammenfügen der Leitungsstücke jenen Betrag noch um mindestens 10—15 Fl. erhöhen dürften. Nun aber kostete die neue gleich nach dem an der Kirche zu Rossstall eingetretenen Blitzschlage angelegte Eisen-Leitung nach der eigenen Angabe Yelin's nur 128 Fl., also um mehr 48 Fl. weniger, wie der obige (zu gering angesetzte) Betrag für ein brauchbares Messingdrahtseil ausmachen würde, und es mag daher dieses einfache Rechnungsbeispiel als Belehrung dienen, dass eiserne Blitzableiter sowohl in ihrer Anlage, als auch selbst in ihrer Unterhaltung nicht so kostspielig sind, wie solche aus Messingdrahtseilen, im Falle die oben (§. 28 bis §. 29) geführten Erörterungen hiezu nicht ausreichen sollten.

Mit diesen umfassenden Erörterungen, welche der sehr in Frage stehenden Anwendbarkeit von Messingdrahtseilen für Blitzableiter hier gewidmet wurden, ist auch das seiner Zeit von der physikalischen Abtheilung des niederösterreichischen Gewerbevereins über diesen Gegenstand abgegebene Gutachten (Polytechnisches Centralblatt 1848, p. 116; Bay. Kunst- und Gewerbeblatt XXVI. 126; Dingler's polyt. Journ. CVIII. 155) in seinen Haupttheilen widerlegt, indem wir nur die unter No. 3 dieses Gutachtens bezüglich der Dicke, die ein Messingdrahtseil mindestens haben soll, angegebene Zahl nicht als unrichtig gefunden haben, hingegen um so auffallender die in No. 7 jenes Berichtes (a. a. O.) bezüglich des Preises gemachten Angaben finden mussten, wo es heisst, „die gedachten Leitungen (aus Messingdrahtseilen nämlich) sind um ⅓ und ½ billiger herzustellen, als die eisernen“, während doch die letzteren unter allen Umständen billiger, wie jene sich herausstellen! Dass das gedachte Gutachten für die Messingdrahtseile, von denen 10 bayer. Fuss 1 bayer. Pfund wiegen, den Querschnitt eines solchen Seiles zu 4,7 Quadratlinien annimmt, muss wohl einem Rechnungsfehler zugeschrieben werden, da die Dicke eines solchen Seiles etwa 2,4 Par. Linien, also sein Querschnitt beiläufig 4,29 Par. Quadratlinien betragen würde, wenn es durchaus als vollkommen cylindrisch angesehen werden könnte; dass man aber dabei ein solches Drahtseil, von dem 10 bayer. Fuss 1 bayer. Pfund wiegen, als genügend ansehen konnte, lässt sich wohl nicht mit den unter No. 1 und No. 3 des gedachten Berichtes in Einklang bringen. — Mögen aber auch diese Erörterungen dazu beitragen, um die hier behandelte Frage über die Brauchbarkeit des Messings überhaupt und der Messingdrahtseile insbesondere für Blitzableiter endlich für abgemacht ansehen zu können, und die betreffenden Techniker zu veranlassen, dass dieses Material für die besagten Constructionen nicht mehr in Anwendung komme. Wir geben gerne zu, dass unter den noch bestehenden und bisher als fehlerfrei erkannten Messingdrahtseil-Leitungen viele sind, die aus Messing von vorzüglicher Güte gefertiget wurden, ja wir könnten sogar Beweise anführen, dass die betreffenden Messingdrahtfabriken wiederholt von Blitzableitersetzern veranlasst worden sind, mehr Speise, nämlich eine grössere Quantität Kupfer demjenigen Messingdraht beizufügen, der zu Blitzableitungen verwendet werde, als dem gewöhnlichen Messingdraht, und können daher nur hierin den Grund finden, warum eben manche Leitungen der gedachten Art bis jetzt durch atmosphärische Einflüsse weniger afficirt worden sind, als andere. Dass aber auch jene Leitungen sich als ungenügend erweisen würden, wenn die Gebäude, zu deren Schutz sie dienen sollen, von starken Blitzentladungen getroffen würden, möchte aus den bisher geführten Auseinandersetzungen hervorgehen. Die oberflächlichen Behauptungen, vermöge welchen die Drahtseil-Ableiter, wie sie noch vielfach in Anwendung sich befinden, die Erfahrung für sich haben, weil sie nach so vielen Jahren durch keinen Blitzschlag beschädiget worden sind, möchten gar keine Widerlegung verdienen, höchstens möchte derlei Behauptungen die einfache Frage entgegenzustellen, als ausreichend angesehen werden dürfen: Wie kommt es denn, dass man überhaupt die Blitzableiter als so nothwendige Attribute für Bauwerke etc. etc. ansieht, da es doch noch so viele Gebäude gibt, die mit keinem Franklin'schen Apparate bewaffnet sind, ohne dass dieselben bis jetzt von Beschädigungen durch den Blitz heimgesucht worden sind? — (Dieser Frage füge ich hinzu, dass selbst in München, wo die

Aufsicht über die Blitzableiter einer polizeilich angeordneten Commission anvertraut ist, es viele Gebäude, und sogar ganze Strassen gibt, ja selbst solche, die der sogenannten Wetterseite am meisten ausgesetzt sind, die mit Blitzableitern beziehungsweise gar nicht, oder doch wenigstens sehr sparsam versehen sind.) — Uebrigens lässt sich selbst für Gebäude, welche von Gewitterschlägen schon heimgesucht wurden, ohne dass dabei die Messingdrahtseil-Leitungen beschädiget worden sind, für diejenigen Fälle nämlich, in welchen nach Imhof's Anleitung die Blitzableiter ausgeführt waren, eine befriedigende Erklärung für die Dauerhaftigkeit dieser Blitzableiter geben.

[9] Polytechn. Journ. CXLV. 197.

[10] Veränderungen an metallischen Stromleitern. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences.* XX. 62; Pogg. Ann. LXV. 646 *.

Hier wird bemerkt, dass nach Peltier's Beobachtung Schliessungsdrähte einer Volta'schen Kette, die in der Luft horizontal ausgespannt waren, und geraume Zeit den Witterungseinflüssen, dem Temperaturwechsel und der Einwirkung des elektrischen Stromes ausgesetzt blieben, spröde und brüchig wurden. Kupferdrähte mussten aus diesem Grunde nach zwei Jahren erneuert werden, versilberte Drähte hatten nicht besseren Bestand, und Messingdrähte zerrissen schon nach sechs Monaten. Gegen äussere Einflüsse geschützt, hielten die Drähte sich länger geschmeidig, wurden aber doch auf die Länge durch den anhaltenden Strom brüchig. —

Diese Eigenschaft des Kupferdrahtes, von der hier die Rede ist, musste Jedem schon längst bekannt sein, der Versuche mit Volta'schen Batterien zu machen Gelegenheit hatte, und hiebei Kupferdraht als Schliessungsleiter anwendete. Die grossartigsten Versuche in dieser Beziehung hat man aber, ohne es zu wollen, in der Telegraphen-Technik angestellt. Die für oberirdische Leitungen verwendeten Telegraphen-Schliessungsdrähte waren nämlich anfänglich aus Kupfer von beiläufig 1 Par. Linie Dicke. Die Anzahl der Störungen, welche durch das Abreissen der Leitung an irgend einer Stelle in den ersten Jahren eintraten, waren aber so gross, dass die Beseitigung dieses ohnehin auch sehr kostspieligen Materiales in vielen Ländern vorgenommen, und statt des Kupfer-, nunmehr verzinkter Eisendraht von passender Dicke eingeführt worden ist. Auch für die vorliegenden Zwecke kann daher, da dünner Kupferdraht seine Festigkeit und Elasticität durch den gleichzeitigen Einfluss atmosphärischer und Stromeswirkungen bedeutend ändert, dieser nicht mit Vortheil benutzt werden. Uebrigens möchte diese Eigenschaft nur dem unreinen und käuflichen, und nur in geringerem Grade dem chemisch reinen Kupferdraht zukommen, da es ja ohnehin bekannt ist, dass jeder noch so geringe Antheil eines fremden Metalles die Elasticität des Kupfers auffallend verringert. (Schubarth's Handb. der techn. Chemie II. 259 *.) Dass aber das Kupfer selten im reinen Zustande vorkömmt, muss aus der folgenden Tabelle hervorgehen, welche die Resultate chemischer Analysen verschiedener Kupfersorten enthält:

Kupfersorte.	Bestandtheile												Bemerkungen.
	Kupfer	Blei	Silber	Nickel	Eisen	Alumin.	Calcium	Magnes.	Kalium	Zinn	Gold	Kobalt	
Gediegen Kupfer von Brasilien . .	99,56	—	0,30	—	0,10	—	—	—	—	—	0,08	—	Marchand und Scheerer.
Cementkupfer v. Stadt Berge . . .	99,84	—	Spur	—	0,05	—	0,06	—	—	—	—	—	Bromeis.
Norwegisches Blockkupfer . . .	99,60	Spur	Spur	—	0,02	0,09	—	—	—	0,27	—	—	Genth (0,03 Schlacke).
Schwedisches Scheidekupfer .	98,65	0,75	0,23	—	0,05	0,02	0,09	0,03	0,12	—	—	—	v. Kobell (0,05 Kiesel).
Mannsfelder Gahrkupfer . . .	98,25	1,09	0,13	0,23	0,13	0,05	(0,10)		—	—	—	—	v. Kobell
Gahrkupfer v. der Friedrichshütte	99,31	0,21	0,10	0,28	0,02	—	(0,04)		0,04	—	—	—	Genth.
Japanisches Kupfer	98,73	0,74	0,06	Spur	0,07	—	(0,09)		0,17	—	—	0,14	Genth.

(Graham-Otto's Lehrb. d. Chemie, 2. Aufl., II. 2. p. 787 *.)

Hieraus geht also auch hervor, dass der Leitungswiderstand verschiedener Kupfersorten für elektrische Entladungsströme und Volta'sche Ströme sehr verschieden sein kann. Die von Matthey und Johnson angestellten Versuche mit dargestellten Proben ergaben die folgenden, mitunter sehr auffallenden Resultate:

	Leitungsvermögen.		Leitungsvermögen.
Reines Kupfer	100	Legirung von Kupfer mit 0,25 Zinn	99,8
Legirung von Kupfer mit 0,25 Silber	105,5	„ „ „ „ 0,13 Zinn	101,4 (!)
„ „ „ „ 0,13 Silber	106,0 (!)	„ „ „ „ 0,80 Zink	95
„ „ „ „ 0,25 Blei	109,9 (!)	„ „ „ „ 0,40 Zink	91,7 (!)
„ „ „ „ 0,13 Blei	111,2 (!)	„ „ „ „ 1,40 Zink	78,5

(Polytechnisches Journal CXLIX. 136*.)

Schon früher hat W. Thomson die Bemerkung gemacht, dass das käufliche Kupfer sehr auffallend verschiedene Grade von Leitungsfähigkeit haben kann (Polyt. Journ. CXLVI. 113*); die von ihm angestellten Versuche ergaben die folgenden Resultate (Polyt. Journ. CXLIX. 135*).

	Leitungsvermögen.
Normaldraht .	100
Anderes Muster (A) einfacher Draht	51,5
„ „ (A) zu einer Schnur gedreht	47,5
Letzte probirte Muster (A) einfacher Draht	42,0
„ „ „ (B) „ „	52,0
„ „ „ (B) zu einer Schnur gedreht	58,7
„ „ „ (C) einfacher Draht	86,8
Draht (E) einfacher Draht .	85,0
„ (E) zu einer Schnur gedreht (?)	71,0
Draht (F) einfacher Draht	87,0
„ (F) zu einer Schnur gedreht (?)	85,0
Mit Seide überzogener Draht (von Manchester) {	53,0
.	88,0

Eine schätzbare Reihe derartiger Untersuchungen hat Matthiessen in neuester Zeit vorgenommen. Aus diesen entnehmen wir die folgenden Mittelzahlen für das Leitungsvermögen einiger dort angegebener Metalle:

Metall.	Leitungsfähigkeit.	Chemische Beschaffenheit.
Silber	100	Rein.
Kupfer No. 1 . .	30,63.	Mit Blei, Zinn, Zink und Nickel in kleinen Quantitäten verunreinigt.
Kupfer No. 2 . . .	72,06.	Mit Kupferoxydul verunreinigt.
Kupfer No. 3 . . .	77,43.	Ebenso.
Eisen	14,44.	(Klavierdrähte).
Neusilber	7,67.	Nicht chemisch rein.
Platin	10,53.	Nicht chemisch rein.

(Aus Pogg. Ann. CIII. 428* im Auszuge.)

Da sich die oben (§. 28 — §. 29) für den Kupferdraht angegebenen Verhältnisszahlen auf chemisch reines Kupfer beziehen, so erscheint es also bei Anwendung des Kupferdrahtes als Blitzableiter-Material als unumgänglich nothwendig, denselben vor seiner Benutzung auf sein Leitungsvermögen zu untersuchen, und denselben dabei mit einem Normaldrahte aus chemisch reinem Kupfer zu vergleichen. Man hat dann seine Dicke, wenn seine Leitungsfähigkeit geringer, als die des Normaldrahtes ist, nach der oben (S. 76) angegebenen Weise zu berechnen, und die so gefundene Dicke ist sodann für die beabsichtigte Leitung zu wählen.

Dieses Verfahren erscheint um so nothwendiger, als man nicht ganz sicher annehmen kann, ob ein Kupferdraht von grösserer Dicke als 1—2 Par. Linien nicht immer in allen Querschnitten von gleicher Dichte sich zeigt. Dieser Umstand (der beim Messingdrahte von Yelin — a. a. O. — schon hervorgehoben wurde) veranlasste auch die Techniker in der neuesten Zeit, die Messingdrahtgeflechte nicht durch einen einfachen Kupferdraht von entsprechender Dicke, sondern durch Kupferdrahtseile aus Drähten von 0,8 bis 1 Par. Linie Dicke geflochten (von denen 10 Par. Fuss mindestens 678 Gramm wiegen müssen), zu ersetzen. Wählt man aber, bei Untersuchung des in Frage stehenden dicken Kupferdrahtes, Stücke von mindestens 100 Fuss Länge, und bestimmt von diesen den Leitungswiderstand, so kann man mit Sicherheit die Dicke und das Gewicht des einfachen Kupferdrahtes angeben, wie er für eine brauchbare Leitung an Blitzableitern gewählt werden muss.

[11] L. Dufour. Ueber die Festigkeit von Eisendrähten, die von galvanischen Strömen durchlaufen werden. Pogg. Ann. XCIX. 611—616*.

Die allgemeinen Resultate, welche DUFOUR aus den erhaltenen Zahlenwerthen, zu entnehmen nicht für unsicher hielt, waren folgende:

1. Ein versilberter Kupferdraht von $0^{mm},356$ Durchmesser (beiläufig 0,158 Par. Linie) hatte nach dem Durchgang eines galvanischen Stromes an Festigkeit verloren.
2. Die Abnahme der Festigkeit war nach einem Durchgang von 19 Tagen und 7 Stunden grösser, als nach einem Durchgang von 4 Tagen und 1 Stunde.
3. Ein Eisendraht von $0^{mm},248$ (beiläufig 0,097 Par. Linie) Durchmesser hatte nach dem Durchgang eines Stromes an Festigkeit gewonnen.
4. Die Zunahme der Festigkeit war nach 19 Tagen und 7 Stunden grösser als nach 4 Tagen und 1 Stunde.

D. vermuthet, dass die zu seinen Versuchen angewandten Kupferdrähte nicht chemisch rein, sondern Legirungen von Kupfer und Silber waren, da die von ihm gefundene Dichtigkeit dieser Drähte 9,64, also grösser als die des Kupfers war. — Die Gesammtlänge der hiebei angewendeten einfachen BUNSEN'schen Kette ging niemals über 4 Meter. —

[12] PRIESTLEY's Gesch. der Elektric. p. 118. In bestimmterer Weise aber hat sich FRANKLIN bei einer anderen Gelegenheit ausgedrückt. Seine Ansichten hierüber waren nämlich beiläufig folgende: „Fragt man, wie gross die Dicke einer solchen Metallstange sein müsse, welche für ausreichend gehalten werden könnte, so bemerke ich: Fünf grosse Glaskolben (Leidener Flaschen), die mit Elektricität (mittelst der auf seinem Hause errichteten Stange durch die sogenannte Blitzmaterie) geladen wurden, wurden durch die dünne Goldbelegung auf dem Bande eines Buches, das in die Kette eingeschaltet wurde, leichter entladen, als auf dem kurzen Wege durch das Buch selbst. In einem solchen Goldstreifen ist aber das Gold so dünn, dass es nach RÉAUMUR nicht $1/36$ Gran wiegt, und ist doch vermögend die Ladung von fünf grossen Kolben, und noch mehr, fortzuleiten. Ein Draht von einem viertel Zoll im Durchmesser soll nun fünf Tausend mal so viel Metall enthalten, als in diesem Goldstreifen ist. Er müsste dann von fünf und zwanzig Tausend (?) solchen Glaskolben die Ladung ableiten können, welches aber eine Menge ist, die nach meinem Bedünken das weit übertrifft, was jemals in einem Schlage von natürlichem Blitz enthalten ist. Eine Stange, die im Durchmesser einen halben Zoll ist, wird viermal so viel ableiten, als diejenige, welche nur einen viertel Zoll hat". FRANKLIN's sämmtl. Werke I. 191—192*. — Für ausgedehnte Gebäude, und insbesondere für Pulvermagazine hielt er die Dicke der Stäbe von 1—1½ Zoll für nothwendig. Man sehe hierüber unten in den betreffenden Betrachtungen über Blitzableiter an Pulvermagazinen. (In Norfolk — Virginien — hat man schon im Jahre 1763 eiserne Stangen von einem halben Zoll Dicke als Leitungen zu nehmen für nöthig befunden. *Phil. Trans.* Vol. LIV. 253*.) —

[13] REIMARUS. V. Blitze. p. 396*.

[14] a. a. O. p. 586* u. f. Zu einer „ungehinderten Leitung" werde nach REIMARUS vor allem erfordert: Ausreichender Inhalt und Oberfläche des leitenden Körpers im Verhältnisse zur Kraft. Ein vorzüglicher, d. i. metallischer Leiter könne von sehr geringem Umfange sein, und doch den Schlag ohne Zerstörung so durchleiten, dass die Entladung bewirkt werde. Ein gewisses Verhältniss zur Stärke des durchfahrenden Strahles sei aber überall erforderlich; denn wenn ein Metalldraht gar zu dünn sei, so werde er von einem durchfahrenden elektrischen Schlage, nach Masse desselben, ausgedehnt, erhitzt, glühend, blau oder schwarz angelaufen, mehr oder weniger tief an der Oberfläche angeschmolzen, in unzählige zu Schlacken verbrannte Kügelchen zerschmolzen etc. etc. — Hingegen sagt er wieder in weiteren Betrachtungen (S. 591), dass die zum Schmelzen erforderliche Kraft bei gleicher Länge des Drahtes nicht im einfachen Verhältnisse seines Inhaltes, sondern zu einem doppelt starken Drahte eine viel mehr als doppelt starke Ladung erforderlich sei etc. etc.

[15] J. A. H. REIMARUS. Ausführliche Vorschriften zur Blitzableitung an allerlei Gebäuden: aufs Neue geprüft, und nach zuverlässigen Erfahrungen in Hinsicht auf Sicherheit und Bequemlichkeit entworfen. Mit 2 Kupfertafeln. Hamburg 1794. p. 13—17*.

[16] HEMMER's Anleitung. p. 64—68*. In exacter Weise erläutert diese Angelegenheit der italienische Physiker LANDRIANI in seinem Werke: „*Dell' utilità dei conductori electrici.*" Milano 1785. Das schicklichste Metall zu einem guten Blitzableiter, sagt L., ist gewiss das Kupfer, weil es viel schwerer als das Zinn, Blei oder Eisen von dem elektrischen Schlage geschmolzen wird, und ausserdem an der Luft sich wenig merklich ändert. Zur Vermeidung der grösseren Kosten aber nehme man verzinntes Eisen, das in der Luft, sowie im Wasser mehrere Jahre dem Rosten widerstehe. Bezüglich der Dicke des Leiters tritt er den Ansichten FRANKLIN's und PRIESTLEY's bei, dass ein Eisendraht die Dicke von einem halben Zoll, ein Kupferdraht aber die Dicke von einem viertel Zoll haben müsse, um jenen zu ersetzen. Er fügt ausserdem hinzu, dass in allen den Fällen, wo noch

dickere Drähte oder Stangen der Blitzableiter vom Blitze beschädiget worden sind, entweder die Leitung unterbrochen gewesen sein müsse, oder die Ausleitung in den Boden nicht sicher genug angelegt war. Man sehe hierüber M. LANDRIANI Abhandlung vom Nutzen der Blitzableiter. Auf Befehl des Guberniums herausgegeben. Aus dem Italienischen von GOTTFR. MÜLLER. Wien 1786. p. 71 * u. 74 *.

17 Anweisung zur Errichtung der Blitzableiter in Frankreich. (Verfasst von einer Commission, bestehend aus den H. H. POISSON, LEFÈVRE-GINEAU, GIRARD, DULONG, FRESNEL und GAY-LUSSAC als Berichterstatter, und angenommen von der K. Akad. der Wissenschaften zu Paris am 23. April 1823.) Pogg. Ann. I. p. 403—446 *. *Ann. de Chimie et de phys.* XXVI. 258. Der vollständige Titel dieser im Drucke erschienenen Instruction heisst: *Instruction sur les paratonnerres, adopté par l'Académie des sciences et réimprimée avec autorisation du Ministre de l'Intérieur.* In 8., avec 2 pl. Strassbourg 1823. (In deutscher Sprache ebendaselbst.)

Dass man selbst den Kupfer- und Messingseilen eine Dicke von etwa 7 Par. Linien geben zu müssen glaubte (a. a. O. 435 *), scheint wohl eine Maassregel nur gewesen zu sein, die man aus Vorsicht beobachten wollte. Denn bekanntlich wurde schon von PRIESTLEY die Möglichkeit ausgesprochen, statt der Eisenstäbe nur Kupferdraht von der halben Dicke, wie der eiserne Leiter bei Blitzableitern mit Sicherheit benutzen zu können (PRIESTLEY's Gesch. d. El. 488 *), und VAN MARUM's directe Versuche mit seinen grossen TEYLER'schen elektrischen Apparaten zeigten, obgleich sie noch keinen besonderen Grad von Genauigkeit für sich in Anspruch nehmen, weil keine genauen Elektrometer hiefür angewendet wurden, dass das Eisen eine geringere Stärke des Entladungsstromes bedürfe, als das Kupfer, hingegen eine grössere als das Blei, um geschmolzen zu werden. Aus seinen Versuchen zog VAN MARUM den Schluss, „dass wenn gleiche Längen eines Bleistreifens, eines Eisendrahtes und eines Kupferdrahtes den Wirkungen einer elektrischen Batterie in gleichem Grade widerstehen sollen", ihre Querschnitte sich zu einander verhalten müssen, wie 4 zu 1 zu $^1/_2$, und dass, weil die Erfahrung gelehrt habe, dass Eisenstangen, die $^1/_2$ Zoll breit und dick sind, dem stärksten Blitze widerstehen, ein kupferner Leiter höchstens 4 Linien breit und dick zu sein brauche, und eben deswegen in manchen Fällen dem eisernen vorzuziehen sei. (Aus „VAN MARUM, *Seconde continuation des expériences, faites par le moyen de la machine électrique Teylerienne*, Harlem 1795. 4. mit 5 Kupfertafeln, in Gilbert's Annalen der Physik I. 263 *.) —

Ebenso scheint ARAGO nur aus Vorsicht das grössere Leitungsvermögen anderer hier verwendbarer Metalle nicht benutzen zu wollen. Er hält die Dicke einer eisernen oder kupfernen Leitung zu $^3/_4$ Zoll für ausreichend, und will, dass an Gebäuden, die mit mehreren Auffangstangen versehen sind, entweder der Leiter noch dicker genommen, oder jede Stange mit einer Ableitung versehen werde (ARAGO IV. 297 *. 300 *).

18 POUILLET (als Berichterstatter der aus den Mitgliedern BECQUEREL, BABINET, DUHAMEL, DESPRETZ, CAGNIARD DE LATOUR und POUILLET vereinigten Commission): *Supplément à l'instruction sur les paratonnerres. Compt. rend.* XXXIX. 1142—1158 *. — *Sur les paratonnerres pour les nouvelles constructions du Louvre. Compt. rend.* XL. 405—410 *. — *Rapport sur les pointes de paratonnerres présentées par M. M. Deleuil père et fils. Compt. rend.* XL. 520—523 *. — Nachtrag zur Instruction für die Einrichtung von Blitzableitern, von der physik. Section der Akad. der Wissenschaften zu Paris. FÖRSTER's Allgemeine Bauzeitung. Jahrgang 1855. p. 124—136 *.

Die neuere französische Commission, welche die Anordnung der Blitzableiter einer näheren Untersuchung zu unterwerfen hatte, wurde insbesondere deshalb zur Abgabe ihres Gutachtens veranlasst, weil die Ableitungsketten für Schiffe als unzureichend, und selbst Messingdrahtseile für diese Zwecke als mangelhaft sich erwiesen haben. Ferner gaben hiezu auch die ausgedehnten Bauwerke (namentlich der Industriepallast), bei deren Construction viele metallische Bestandtheile verwendet werden, besondere Veranlassung.

In Beziehung auf die Ableiter bei Schiffen wendete die akademische Commission auf eine in neuerer Zeit vorgekommene Erfahrung ihre besondere Aufmerksamkeit. „Am 13. Juni 1854 um 7 Uhr Abends schlug in der Bai von Baltschik der Blitz in den Zweidecker Jupiter, der zu der Eskadre des schwarzen Meeres gehörte, ein. Die Ketten (soll wohl heissen: „Messingdrahtseile") der Blitzableiter waren an ihrem Platze; die des Hauptmastes, auf den der Strahl gefallen, hing zwei Meter im Meere, und hatte an ihrem Ende eine Kugel von 2 Kilogramm. Im Augenblicke der Explosion bemerkte man ein lebhaftes Licht; die Stärke des Schlages und die entstandenen Rauchwirbel liessen anfänglich vermuthen, dass man einen Kanonenschuss aus einer der Batterien höre; der Irrthum verschwand jedoch augenblicklich; die Kette des Blitzableiters war verschwunden, und überall erblickte man Bruchstücke davon; das Hinterkastell, die Kampanie (das oberste

Stockwerk am Hintertheil des Schiffes) und die Rusten (dicke Planken, die platt und wasserpass an den äusseren Seiten des Schiffes hervorragen) waren damit bedeckt; mehreren Leuten der Mannschaft waren Stücke auf ihre Bekleidung gefallen, und einige derselben waren leicht verwundet. Diese beiläufig $70^{mm},0$ (215,5 Par. Fuss) lange Kette, welche von dem Fuss des Blitzableiters bis in das Meer reichte, indem sie anfänglich der Biegung des Cacatois (kleiner Mast, welcher auf der Bramstange steht) folgte, dann durch die weiten kupfernen Ringe längs der Parduna (lange starke Taue, womit die aufgesetzten schwächeren Maste an die Seite des Schiffes befestiget werden) ging, war nichts anderes als ein dreidrähtiges Seil, im Ganzen gebildet aus etwa 60 Messingdrähten, von denen jeder eine Stärke von einem halben bis zwei drittel Millimeter hatte. Der Blitz hatte es in tausend Stücke zertrümmert, die kleiner wie Stecknadeln waren; mitten in diesem Haufen von Fragmenten aber fand man hie und da noch einige Stücke des Taues selbst von höchstens einigen Decimetern (3—4 Par. Zoll) Länge; an ihren Oberflächen bemerkte man jene violetten Farben, die das Metall vom Feuer annimmt, und in der That waren die ersten, welche man berührte, noch glühend". Nach dem Gutachten der genannten Commission soll, da über die Beschaffenheit der Auffangstange nur mangelhafte Angaben vorlagen, die Beschädigung des Blitzableiters am „Jupiter" insbesondere durch das dabei benutzte Messingdrahtseil herbeigeführt worden sein. Dasselbe hatte nämlich nicht bloss einen unzureichenden Querschnitt (die vorliegenden Angaben zeigen, dass das Gewicht eines Par. Fusses dieses Ableiters kaum 70 Gramm betrug, also nicht einmal den dritten Theil des kleinsten Normalgewichtes betrug, welches übrigens hier kaum zureichend gewesen wäre), sondern es zeigten auch die genannten Umstände, dass die Entladung sich nicht gleichmässig über alle Drähte vertheilt hatte, oder kurz gesagt, dass die Verbindung der Leitungen unter sich und mit der Auffangstange keine hinreichend rein metallische war. Für diesen einzigen Vorfall hatte übrigens der Blitzableiter seine Dienste gethan, er wurde zwar zerstört, aber der „Jupiter" blieb dabei unbeschädiget, während nach dem Berichte des Marine-Ministers, dem die obigen Angaben entnommen worden sind, nicht weit von dem genannten Kriegsschiffe ein mit einem Blitzableiter versehenes türkisches Schiff, dessen Leitungsseil jedoch nicht ins Wasser ging, vom Blitze bei demselben Gewitter getroffen wurde, und in seiner Flanke etwas oberhalb des Kupfers an der Wasserlinie ein Loch von mehr als 30 Centimeter Tiefe erhielt, das beinahe den Anschein hatte, als ob es von einer Kanonenkugel beigebracht worden wäre. — Um für die Zukunft derartige gefährliche Ereignisse möglichst zu verhüten, wurden von der Commission Drahtseile aus Rothkupfer als Ableiter bei Schiffen empfohlen, von welchen jeder einzelne Draht einen Durchmesser von 1 bis 1,5 Millim. haben, und das Gewicht eines Meters beiläufig 900 Grammes (also das eines Par. Fusses etwa 292 Gramm) betragen soll. Ausserdem wurden bei diesen, sowie allen Ableitern überhaupt die nachstehenden praktischen Regeln als unumgänglich erforderlich befunden, nämlich:

a. „Die Verbindungen nach der ganzen Länge des Blitzableiters bis zur gemeinschaftlichen Ausleitung sind auf die möglichst kleinste Zahl zu beschränken."

b. „Alle Verbindungen, die wegen der Form oder Länge der Theile des Blitzableiters an Ort und Stelle gemacht werden müssen, werden mit Zinnlöthungen ausgeführt." „Diese Zinnlöthungen, welche stets an Flächen gemacht werden müssen, die wenigstens 10 Quadratcentimeter (etwa 19 bis 20 Quadratlinien Par. Maass) haben, werden ausserdem durch Schrauben, Bolzen oder Muffen consolidirt."

Bezüglich der Ableiter an ausgedehnten Gebäuden, bei denen viel Metall verwendet worden ist, ist in der älteren Construction nur mangelhaft vorgesehen. Dort heisst es nämlich (a. a. O., p. 435*), dass wenn das Gebäude, welches mit einem Blitzableiter versehen werden soll, etwas beträchtliche Metallmassen enthält, wie Bleiplatten, welche die First und die Kanten des Daches bedecken, metallene Dachrinnen, lange Eisenstangen, um die Festigkeit einzelner Theile des Gebäudes zu erhöhen, so sei es nöthig, alles Metall mit dem Ableiter in Verbindung zu setzen, und es reichen hiezu Stangen von 8 Millimeter (3,546 Par. Linien), Seile, oder Eisendrähte von gleichem Durchmesser aus (und dann würden also für diese Zwecke auch Drähte aus reinem Kupfer von $1''',417$, also etwa $1\frac{1}{2}$ Linien Dicke genommen werden dürfen). Die neuere akademische Commission sucht hauptsächlich durch Vergrösserung der Anzahl der Ableiter an einem und demselben Gebäude, die übrigens unter sich in metallische Verbindung gebracht werden, den hier zur Sprache gekommenen und durch die neue Bauart erhöhten Anforderungen zu entsprechen. — Wir werden übrigens später diesen Gegenstand ebenfalls einer weiteren Besprechung unterwerfen.

[19] Arago. IV. 167—170*. 224—227*. Es wird hier von Arago zur Belehrung für diejenigen, welche behaupten, dass die durch den Blitz verursachten Beschädigungen uner-

hebliche Kosten veranlassen, bemerkt, dass der grosse Untermast einer Fregatte 1300 Thaler und der grosse Untermast eines Linienschiffes bis 2700 Thaler koste.

[20] C. R. XLIII. 1015—1016*. Berl. Ber. XII. 590*.

[21] Um dieses deutlicher zu sehen, wollen wir einige Zahlenbeispiele hier folgen lassen. Setzen wir die Dicke der Leitungen in Par. Linien gleich *d* und das Gewicht eines Par. Fusses derselben in Grammen gleich *p*, so erhalten wir, für eine Länge der Leitung von 100 Fuss, wie sie etwa bei hohen Wohngebäuden angenommen werden dürfte:

	d.	*p.*
Für Schmiedeeisen......	7,5 Linien	566 Gramm
„ Kupfer............	3,3 „	106 „
„ Messing...........	5,9 „	377,5 „

Die hier für Rundeisen angegebene Dicke stimmt mit der oben erwähnten Vorschrift der älteren französischen Commission überein.

Für eine Länge der Leitung von 256 Fuss erhält man:

	d.	*p.*
Für Schmiedeeisen...	12 Linien	1,448 Kilogr.
„ Kupfer.........	5,33 „	271,36 Gramm
„ Messing........	9,44 „	866,4 „

Diese Angaben dürften vielleicht für hohe Thürme, sowie für Schiffe die richtigen sein, und wirklich stimmen auch die für Kupfer angegebenen Zahlen sehr nahe mit denen überein, die von der neueren französischen Commission für die Ableiter an Schiffen überhaupt festgestellt wurden.

Nimmt man endlich eine Leitung von 400 Fuss Länge an, also eine Länge, die vielleicht bei den höchsten Thürmen vorkommen könnte, so erhält man:

	d.	*p.*
Für Schmiedeeisen...........	15 Linien	2,263 Kilogr.
„ Kupfer.................	6,67 „	424 Gramm
„ Messing................	11,80 „	1,512 Kilogr.

[22] Man erhält nämlich, wenn man die vorstehenden Ausdrücke auf einige derartige Beispiele anwendet, die nachstehenden Zahlenwerthe:

	Für $L = 36$ P. F.	Für $L = 25$ P. F.	Für $L = 16$ P. F.
Eisen	$d = 4''',5$; $p = 203{,}69$ Grm.	$d = 3''',75$; $p = 141{,}45$ Grm.	$d = 3'''$; $p = 84{,}43$ Grm.
Kupfer	$d = 1{,}9$; $p = 38{,}16$ „	$d = 1{,}65$; $p = 26{,}50$ „	$d = 1{,}3$; $p = 17{,}00$ „
Messing	$d = 3{,}5$; $p = 135{,}90$ „	$d = 2{,}95$; $p = 94{,}38$ „	$d = 2{,}4$; $p = 49{,}40$ „

Auch diese Angaben stehen mit den gewöhnlichen für solche Zwecke auch in neuerer Zeit vorgeschriebenen Regeln in Einklang, dürften aber jedenfalls sicherer sein, als jene.

[23] Die gebräuchlichsten und in der Praxis am häufigsten vorkommenden Constructionen, welche durch die mir zu Gebote stehende Literatur sowohl, wie durch anderweitige Umstände zu meiner Kenntniss gekommen sind, sind sämmtlich in den Schriften enthalten, die theilweise oben öfters citirt wurden, und die ich am Ende dieses Kapitels zusammenstellen werde. Vorläufig bemerke ich nur, dass die meisten Constructionen entweder nach den ursprünglichen Angaben des Erfinders der Blitzableiter, oder nach den Angaben von Epp, Hemmer, Reimarus, Imhof und insbesondere nach den zweckmässigen Einrichtungen, wie sie die ältere französische Commission vom Jahre 1823 in ihren Vorschriften über Blitzableiter angegeben hat, zur Ausführung kommen, und in anderen Schriften über Blitzableiter gewöhnlich aufgeführt werden.

Ich gebe hier und im Folgenden alle diese schon bekannten Constructionen an, will aber damit nicht aussprechen, dass diese keiner Verbesserung mehr fähig sind, wenn ich gleichwohl nur für wenige derselben diese oder jene unwesentliche Abänderung gelegentlich vorschlage.

[24] H. Wilde. Methode, die Enden der Blitzableiter, sowie der Telegraphenkabel mit einander zu vereinigen. Aus dem *London Journal of arts*, Dec. 1858, p. 341 in Polyt. Journ. CLII. 269*. — Ich habe die bei der Verbindung röhrenförmiger Leitungen benutzten Constructionen, wie sie von Harris vorgeschlagen wurden, hier nicht angegeben, weil ich diese Form der Ableiter nicht für zweckmässig bei oberirdischen Leitungen halten kann, und überdiess dieselben nur bei den verticalen Strecken der Leitung ihre Anwendung finden könnten.

[25] W. Eisenlohr. Anleitung zur Ausführung und Visitation der Blitzableiter. Karlsruhe 1848. p. 16*. Hier sind die Angaben im badischen Fussmaasse mitgetheilt. Ich habe dieselben auf das alte Pariser Fussmaass, das ich durchweg zu benutzen beabsichtige, reducirt, weshalb in den oben aufgeführten Zahlen auch die Decimalstellen angegeben sind.

[26] Gilb. Annalen der Physik I. 266*. Die von R. Patterson zu Philadelphia vorgeschlagenen Verbesserungen der Blitzableiter findet man in Gütle's Lehrb. der prakt. Blitzableitungskunst etc., p. 98* beschrieben.

[27] Plieninger hält die Spitzen von Nickelkupfer (Neusilber) entweder in massiver Form oder als Spitzröhren in gewöhnlichen Fällen für ausreichend, in anderen, wo man sich damit nicht begnügen wolle, könne die Auffangsspitze aus Eisen und mit fein Silber überzogen sein. Näheres hierüber sehe man in dessen Schrift: „Ueber die Blitzableiter, ihre Vereinfachung und Verminderung ihrer Kosten. Nebst einem Anhang über das Verhalten der Menschen bei Gewittern. Eine gemeinfassliche Belehrung für die Verfertiger der Blitzableiter, sowie für die Hausbesitzer. Stuttgart und Tübingen 1835". p. 52* u. f.

Anstatt des Platins werden im *Journ. des connaissances usuelles*, Sept. 1835, p. 129 folgende Legirungen vorgeschlagen: I. Platin 1 Theil, Zink 1 Theil, altes Erz 1 Theil, Kupfer 6 Theile. — II. Platin 1 Theil, Quecksilber 1 Theil, Zink ½ Theil, altes Erz ½ Theil, Kupfer 6 Theile. Diese Legirungen sollen nur äusserst schwer an der Oberfläche eine Oxydation erleiden. Polyt. Journ. LVIII. 479*.

[28] Die von Gütle in seinem Lehrb. der prakt. Blitzableitungskunst, S. 25* vorgeschlagene Form für das obere Ende der Auffangstange ist in *Fig. 85* dargestellt und soll lanzenförmig sein. Hiebei giebt er die Länge *AB* zu 19 Zoll (Nürnb.), die Breite *CD* zu 5 Zoll und die Dicke des Randes zu $1/10$ Zoll an. Dieses lanzenförmige Stück wurde aus Messing gemacht und gut verlöthet.

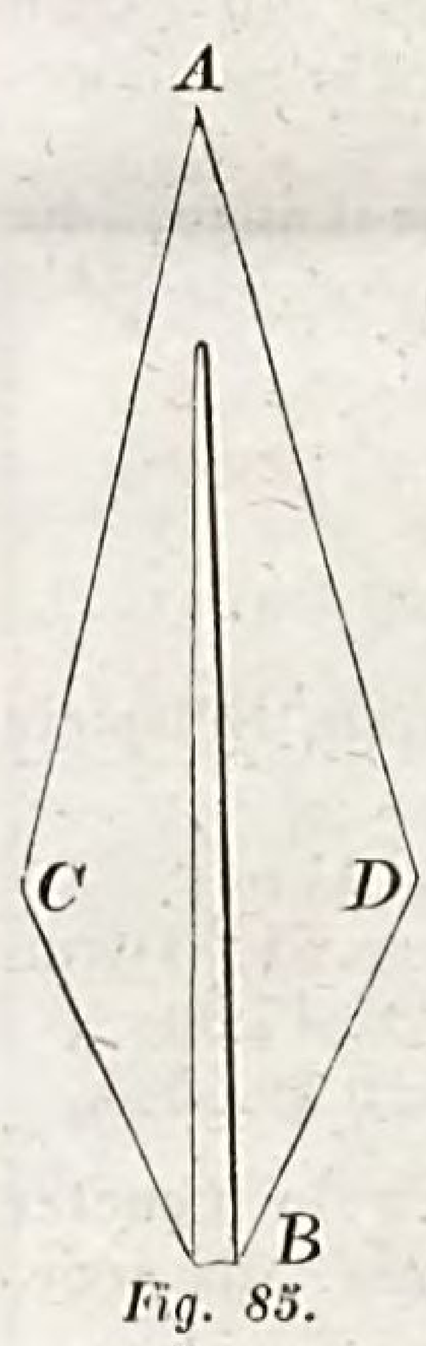


Fig. 85.

Es hat den Anschein, als ob Gütle (dessen ganzes Werk kaum einen einzigen Satz enthält, der als ein von ihm selbst ausgegangener neuer Gedanke angesehen werden kann, auf diese Form durch eine von Reimarus (a. a. O., S. 439*) gegebene Vorschrift gekommen sei. Hier sagt nämlich Reimarus: „Oben an der Stange sei eine dreieckige, schmal und scharf zulaufende, ½ Fuss oder darüber lange, messingene Spitze angelöthet, welche, wenn einmal ein Wetterschlag darauf gefallen, wieder zuzuschärfen oder zu erneuern ist".

Als bemerkenswerth mag hier erscheinen, was Michaelis in seinen geistreichen Forschungen über die Anordnung der Spitzen auf dem Tempel Salomo's sagt, die man füglich als Blitzableiter-Auffangstangen ansehen konnte. Dieser Schriftsteller bemerkt nämlich unter Anderem: „Ich sehe nun mit Gewissheit, dass die Ὀβελοὶ auf dem Dache des Tempels nicht kleine Spitzen, sondern von ansehnlicher Grösse waren. Da die römischen Soldaten in den Tempel einbrachen, rissen, nach Josephus vom jüdischen Kriege Bd. VI, S. 1 die Priester diese Spiesse aus, und bedienten sich ihrer als Wurfspiesse gegen die Römer". „Aus diesem Gebrauch wird auch noch wahrscheinlicher, dass sie nicht golden, sondern übergoldet, und von Stahl gewesen sind". Lichtenberg's verm. Schr. VIII. 279*.

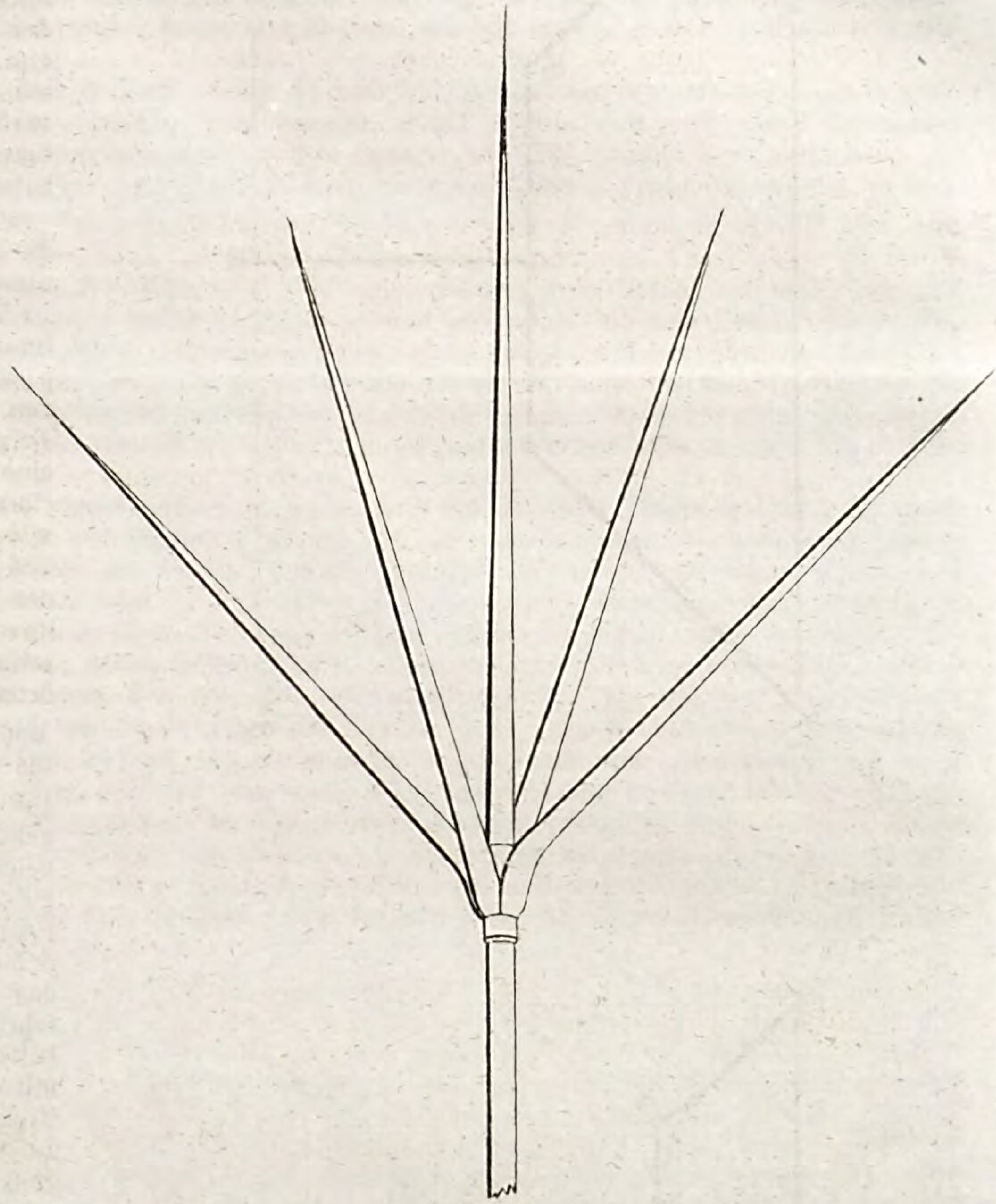
[29] Den von Reimarus (a. a. O. p. 440*) hierüber angegebenen Bemerkungen nach zu schliessen, dürfte die Anwendung mehrfacher Spitzen eine sehr häufige gewesen sein, die er jedoch selbst nicht billigen konnte, und zwar deshalb, weil vermöge seiner Anschauungsweise eine mit mehreren Spitzen versehene Auffangstange stärkere Blitzschläge verursachen müsse, als eine einfache Spitze. Aus diesem Grunde habe auch Henley im Jahre 1772 den Blitzableiter einer Kapelle zu London, der vorher dreispitzig war und von einem Blitzschlage zerstört wurde, nachher nicht mehr mit mehreren Spitzen versehen lassen.

Die älteren Naturforscher haben aus mehrfachen Gründen den drei-, vier-, fünf- und sechsfachen Spitzen etc. etc. bei Blitzableitern den Vorzug gegen die einfach zugespitzten eingeräumt. Ein Grund war der, um das Einfliessen des Gewitterstoffes zu befördern; ein weiterer aber bestand darin, dass bei einem Wetter mit tief herabhängenden Dunstkreisen der geladenen Wolken von irgend einer Seite her, wo es auch komme, immer eine der Seitenspitzen dem anrückenden nächsten Dunstkreise senkrecht entgegenstehen, und deshalb eine gewünschte Wirkung hervorbringen werde. Uebrigens hält Hemmer (a. a. O. p. 50*), dem wir diese Lehren nacherzählen, es selbst nicht für wesentlich, ob ein Blitzableiter mit einer einfachen oder mehrfachen Spitze versehen ist. — Um der zweiten der oben angeführten Bedingungen zu genügen, hielt man sogar noch andere, jedenfalls beachtenswerthe Vorsichten für nöthig. Bei hohen Gebäuden wurden nämlich

durch Fonda in Rom, Toaldo in Padua, Le Roi zu Paris wagrechte zugespitzte eiserne Stangen von einem Stockwerke zum anderen angebracht, und mit der Haupt-Auffangstange verbunden.

Ueber die Anordnung der Blitzabeiter mit einer Gruppe von Spitzen erwähnt Arago, dass man nicht berechtiget sei, dieselbe zu den Einfällen zu rechnen, die nur Geringschätzung verdienen, so lange nicht durch sehr sorgfältige Wiederholung des Versuches von Beccaria (siehe oben S. 74) nachgewiesen werde, dass eine verticale Spitze allen Arten von Wolken mehr Blitzstoff entziehe, als eine geneigte Spitze, oder vielmehr, so lange man nicht auf ähnlichem Wege, wie der Turiner Physiker zu dem Beweise gelangt sei, dass eine einzige Spitze immer kräftiger wirke, als eine sternförmige Gruppe von Spitzen (a. a. O. p. 296 *). —

Die Blitzableiter mit mehrfachen Spitzen kommen noch gegenwärtig sehr häufig vor. Ein eifriger Vertheidiger derselben war Imhof, dessen Anordnung in der *Fig. 86* hier dargestellt ist, wo eine Reihe von vier Spitzen, von denen jede unter einem Winkel von 45° gegen den Horizont geneigt ist, angewendet wurde, und die zugleich zeigt, wie die Spitzenwirkung in dieser Weise geschwächt werden muss.


Fig. 86.

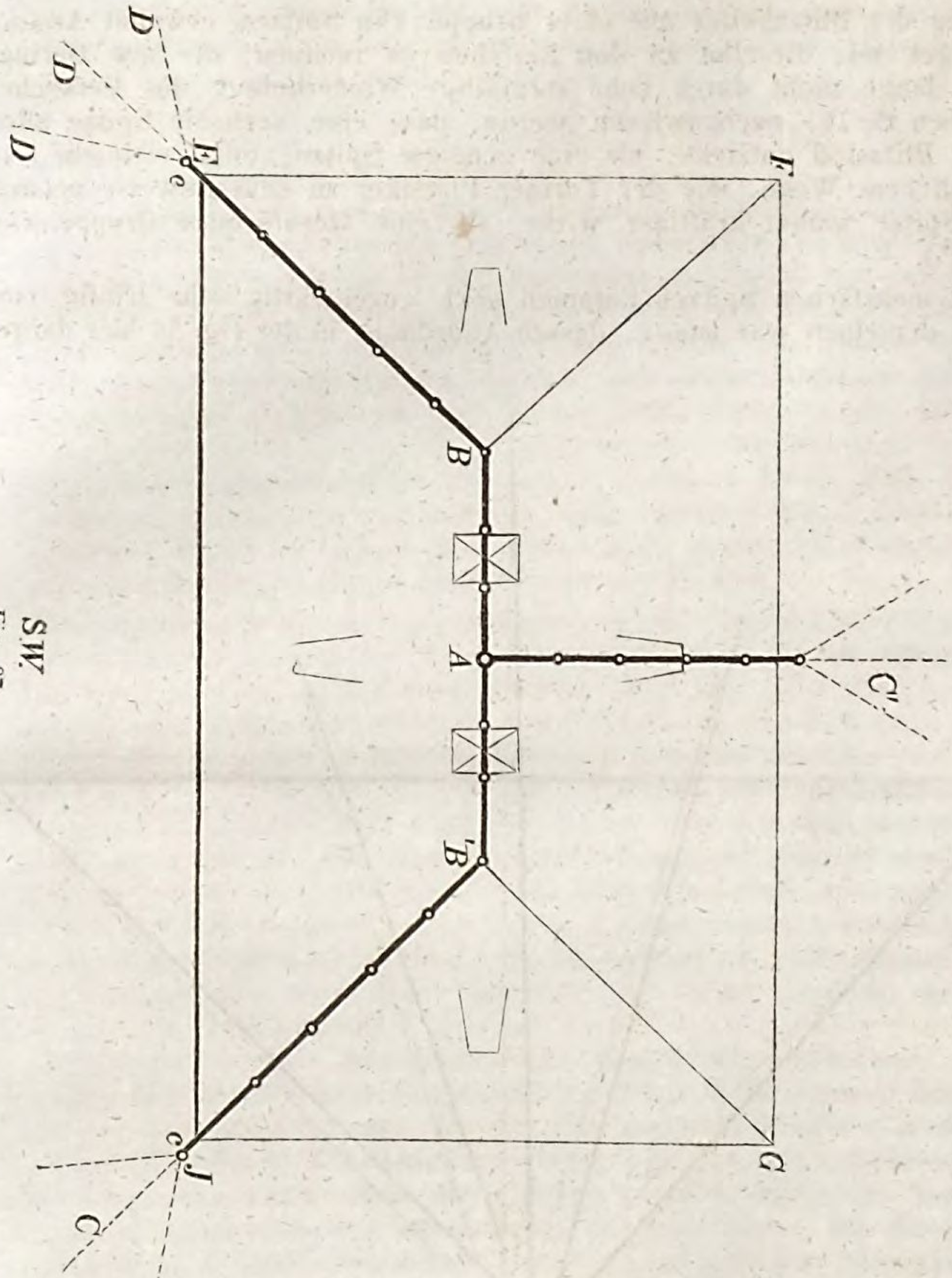
30 Pouillet. *Rapport sur les pointes de paratonnerres présentées par MM.* Deleuil *père et fils. Compt. rend.* XL. 520 bis 523 *.

31 Förster's Bauzeitung. 1855. p. 356 *. 457 *.

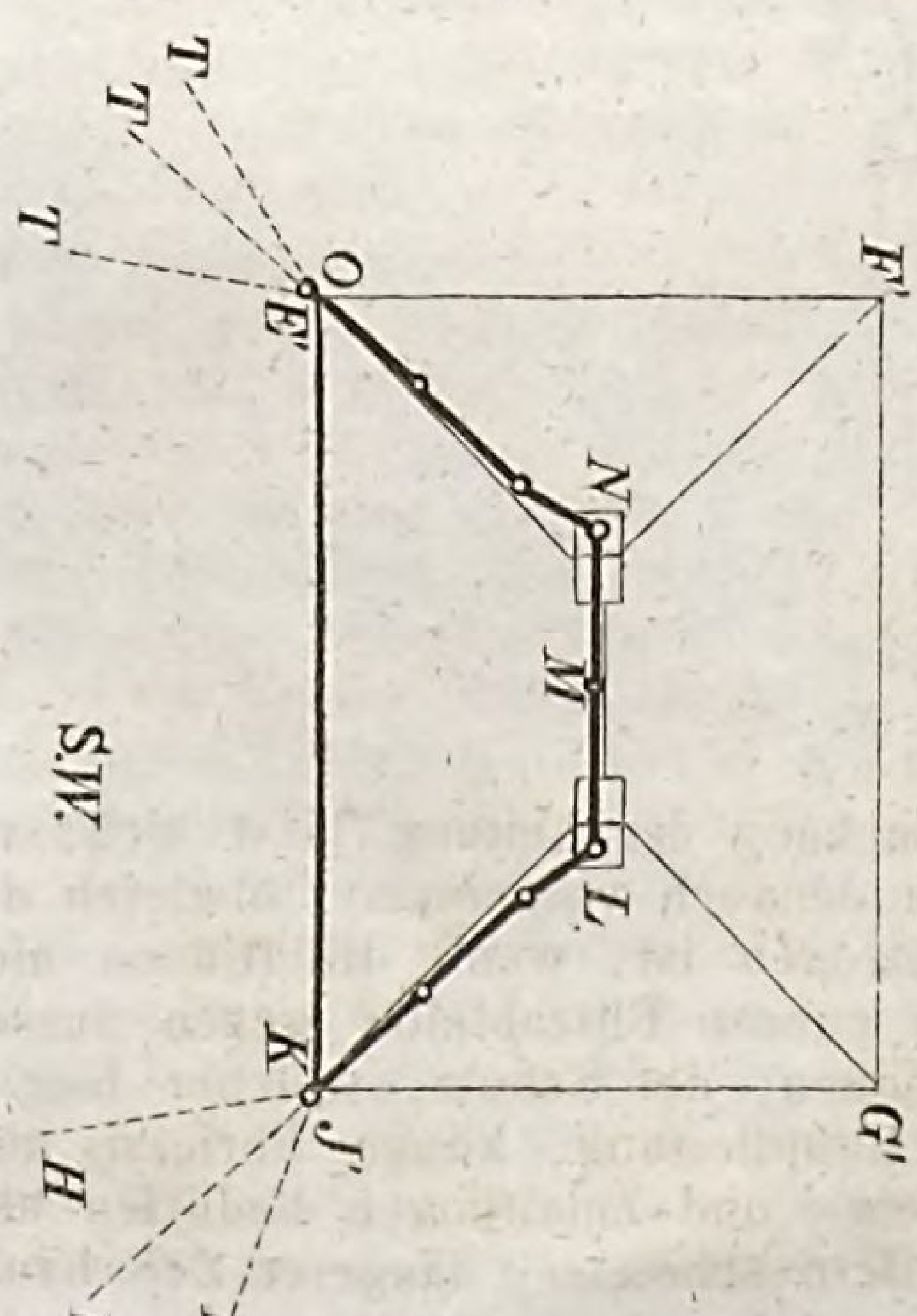
32 Für diese Zwecke müssten selbst thönerne Röhren, wie sie für die Drainage zur Anwendung kommen, sich eignen. Ein wasserdichter Anstrich dürfte aber hier ebenso, wie bei Ziegelrinnen nicht unnöthig sein. Vielleicht möchte eine Wasserglassorte sich für einen solchen Anstrich eignen. — Die Untersuchung der Leitung lässt sich, wie wir später sehen werden, für den vorliegenden Zweck dennoch vornehmen, obgleich dieselbe gedeckt und der unmittelbaren Wahrnehmung entzogen ist, wenn die Rinnen nicht geöffnet erhalten werden. — Es ist nicht nöthig, den ganzen Blitzableiter gegen äussere Einwirkungen in der eben angegebenen Weise zu schützen; der Schutz, welcher hier in Vorschlag gebracht wurde, bezieht sich bloss auf die Hauptleitung, könnte übrigens auch bei Nebenleitungen seine Anwendung finden. Die Zweig- und Zuleitungen bedürfen aber eines anderen Schutzes, als den, wie er bei Blitzableitern schon seit längerer Zeit häufig zur Anwendung kömmt.

33 Für diesen Zweck wendete Hemmer den folgenden Oelfirniss an. Zu einer Maas Leinöl werden hinzugesetzt: ¼ Pfund Silberglätte, ⅛ Pfund Goldglätte, 2 Loth weisser Vitriol. Diese Zusammensetzung muss etwa eine halbe Stunde lang gekocht werden, um die gehörige Brauchbarkeit zu erlangen (a. a. O., p. 53 *). Vielleicht möchte der Offenbacher Lackfirniss für die vorliegenden Zwecke sich gut eignen. Nach Angabe einiger sehr geschickter Lackirer Münchens soll der Wagenlack, wie er von diesen Praktikern verwendet wird, für den vorliegenden Zweck als brauchbar sich erwiesen haben.

Ausreichendes über die „Fabrikation der Firnisse" findet man in „Förster's Allgemeine Bauzeitung", 20. Jahrgang, p. 403—456 *, wo sowohl den Aether-, Weingeist-Terpentinölfirnissen etc. eine ausgedehnte Besprechung gewidmet ist, wie auch (p. 428 bis 456) die Bereitungsweise der fetten Firnisse und ihre Anwendung für verschiedene Zwecke erörtert sich findet.



S.W.
Fig. 87.



S.W.
Fig. 88.

34 Man sehe Arago IV. 303 bis 304.

35 Um den hier angegebenen Fall näher zu beleuchten, stelle in *Fig. 87* *EFGJAB* die horizontale Projection eines ausgedehnten Gebäudes vor, das nach Imhof's Verfahrungsweise mit einem Blitzableiter bewaffnet und mit drei Leitungen (deren Richtungen durch die stark ausgezogenen Linien angedeutet sind) versehen sein soll. In der Nähe dieses Gebäudes auf der nordwestlichen Seite sei ein kleines Gebäude *E' F' G' J' L' N'*, das mit einem Blitzableiter versehen sein kann oder nicht. Die Bodenleitung sei in der angedeuteten Weise angeordnet, sie liege (wie Imhof's praktische Regeln

auf S. 45 seiner schon mehrfach gedachten Schrift es vorschreiben) etwa 2 Fuss tief unter der Erdoberfläche, und verzweige sich in 1 Fuss Breite auf 10 bis 15 Fuss Länge in den hiefür angelegten Gräben. Ist nun das Gebäude *Fig. 88* ebenfalls mit einem Blitzableiter versehen, der eine doppelte Ableitung *MLH* und *MNO* hat, und der Boden ist beim allenfallsigen Eintreten eines Blitzschlages bei *C* und *T* trocken, und diese beiden Bodenleitungen befinden sich in nicht grosser Entfernung von einander, so kann die Entladung im Blitzableiter des Nebengebäudes eintreten, wenn die beiden anderen Bodenleitungen bei *D* und *C'* ebenfalls in trockener Erde liegen würden. Ist der Blitzableiter des Nebengebäudes (*Fig. 88*) dabei in sonst gutem Zustande, so wird, wenn die Bodenleitung bei *H* brauchbar ist, die Entladung ohne weitere Beschädigung vor sich gehen; aber dieses Gebäude ist ja dennoch von einem Blitzschlage getroffen worden, den ursprünglich das viel höhere und ausgedehnte Hauptgebäude gleich beim sogenannten Einschlagen hätte unschädlich machen sollen! — Wäre aber auch die Bodenleitung bei *H* unfähig, die Ausgleichung zu vermitteln, und das Nebengebäude würde zufällig auf etwas feuchterem Grund stehen, wie das grössere Haus, so würde offenbar jenes von Beschädigungen kaum frei bleiben, die der Blitz auf seinem Wege anrichten müsste.

Würde aber an dem Gebäude in *Fig. 88* kein Blitzableiter angebracht sein, und dasselbe würde dennoch, sei es deshalb, weil einzelne seiner Mauern einen feuchten Untergrund haben, oder weil im Gebäude gut leitende Objecte bis zum Boden angebracht sich befinden etc., von der gegen das Hauptgebäude erfolgten Blitzesentladung getroffen werden, so könnte mindestens der Fall eintreten, wie ein solcher an dem kleinen Theater vorgekommen ist, von dem vorhin die Rede war *.

Auf ähnliche Weise möchten viele Fälle, in welchen benachbarte Gebäude, die von anderen mit Blitzableitern versehenen überragt und dennoch getroffen wurden, zum grossen Theile ihre Erklärung finden. Hieher gehören insbesondere einige Fälle, die Reimarus (a. a. O. p. 403 u. f.) aufzählt; ferner wahrscheinlich der Fall, in welchen im Jahre 1783 an einem Schlosse, das mit einem Blitzableiter versehen war, ein 94 Dresdner Ellen davon entferntes Nebengebäude vom Blitz getroffen wurde (Fischer's Gesch. der Phys. VIII. 592). —

Es möchte daher immer nöthig sein, nicht bloss alle Erscheinungen während des sogenannten Einschlagens in derartigen Fällen näher zu beschreiben, sondern auch insbesondere keine der Angaben fehlen zu lassen, welche sich auf den Zustand des Blitzableiters, und namentlich seiner Bodenleitung vor und nach dem Blitzschlage beziehen. So würden z. B. die von Plieninger (a. a. O. p. 47—48) erzählten Falle sicherlich eine genügende Erklärung gefunden haben, wenn dieser Physiker selbst die nöthige Untersuchung hierüber eingeleitet hätte. In einem der von ihm aufgezählten Fälle, wo auf einen Ableiter des Stuttgarter Katharinenhospitals der Blitz sich entlud, und wobei die vollständige Entladung gegen das nur um etwa 60 Fuss von jenem Hauptgebäude entfernte Leichenhaus traf, wird ja sogar angegeben, dass letzteres über einer Dohle (Gosse) zum Abflusse der hier nöthigen Flüssigkeiten erbaut sei, „und daher über einer Stelle der Erdfläche stehe, welche in der Tiefe stets feucht ist, während der Grund am Hauptgebäude erhöht und daher trocken ist". Sollte hier nicht das Ueberspringen des Blitzes von dem Blitzableiter der westlichen Hauptauffangstange über den Hofraum nach dem Leichenhause durch eine im Boden schon entstandene vertheilende Wirkung vermittelt worden sein können? —

Ein anderer Fall, der in neuerer Zeit vorkam, und wobei man ebenfalls durch den (allerdings mit Recht) angezweifelten Wirkungskreis des Blitzableiters das Ereigniss erklären wollte, möchte auch zu der Klasse von Blitzschlägen gehören, die durch die oben erklärte Weise entstehen können. Folgender Fall hat sich nämlich nach Loomis („Ueber die zweckmässige Höhe der Blitzableiter, von E. Loomis". Krönig's Journal I. 555 *) in Tallmadge, Summit County, Ohio am 27. Juli 1851 zugetragen: Während eines schwachen Regens, Abends 6 Uhr kamen mehrmals Blitzerscheinungen vor. Ein Blitz war besonders lebhaft und von einem fast augenblicklich nachfolgenden heftigen Donnerschlage begleitet. „Einen Augenblick darauf sah man einen Haufen Sägespäne, welche auf der westlichen Seite einer Stellmacherwerkstatt lagen, in vollen Flammen stehen. Die Sägespäne, welche man erst kurz vorher herausgebracht hatte, waren durchaus trocken; und da ringsumher schon seit einigen Wochen kein Feuer gebrannt hatte, so muss man

* Es muss hier nachträglich bemerkt werden, dass die in den *Figg. 87* und *88* angedeuteten Ringe an den Leitungen der Ableiter keine Unterbrechungs-, sondern nur solche Stellen bedeuten, an welchen man sich entweder die Auffangstangen oder die Führungsstifte etc. angebracht vorstellen soll. Ferner muss erwähnt werden, dass, da *Fig. 88* anstatt links von *Fig. 87* gesetzt worden zu sein, auf die rechte Seite der letzteren gekommen ist, auf Seite 208, Zeile 10 von unten, es nunmehr „südöstlichen" statt „nordwestlichen" heissen muss.

annehmen, dass die elektrische Entladung dieselbe veranlasst hat. Die Werkstatt war aber mit einem Blitzableiter versehen, und man musste sich wundern, dass der Blitz in so geringer Entfernung von demselben in den Boden einschlagen konnte. Die Spitze des Blitzableiters lag 59 Fuss höher als die Sägespäne, und diese waren 100 Fuss von einem senkrecht unter der Spitze des Blitzableiters liegenden Punkte entfernt". Ausserdem lagen die Sägespäne nur wenige Zoll hoch über dem Niveau des Bodens. „Der Blitzableiter ist den gewöhnlichen Vorschriften gemäss construirt. Er endigt in drei vergoldeten Spitzen, die sich allem Anscheine nach in gutem Zustande befanden. Ungefähr 10 Fuss unterhalb des höchsten Punktes ist eine Unterbrechung in der Stange, und die beiden Theile sind zusammengeschweisst. Von hier aus ist die Stange bis unten hin ununterbrochen; sie geht drei Fuss tief in die Erde (!), welche dort zu der Zeit, wo der Vorfall sich ereignete, ganz nass war. Die Stange hat einen Durchmesser von ungefähr fünf Achtel eines Zolles".

Dieser Vorfall hat als ein in neuerer Zeit eingetretener viel Aufsehen erregt, und wurde fast als ein Curiosum aufgenommen. Man möchte geneigt sein, anzunehmen, dass hier die Höhe des Blitzableiters über den besagten Sägespänhaufen gar nicht in Rücksicht zu kommen hat, wenn man sich den stattgehabten Vorgang genügend erklären will. Nimmt man nämlich an, dass die im Boden befindliche Ausleitung mit trockener Erde in Berührung stand, was um so wahrscheinlicher gewesen sein möchte, als die Bodenleitung nur beiläufig 3 Fuss tief war, so war die an der Oberfläche von dem stattgehabten Regen durchnässte Erde ein wirksamerer Ausleiter für die Blitzesentladung, als die Bodenleitung selbst. Betrachtet man dann ferner, dass der feuchte Erdboden, mit welchem der Blitzableiter in unmittelbarer Berührung stand, durch die von dem letzteren angenommene Influenzwirkung ebenfalls nicht unberührt bleiben konnte, sondern vielmehr als Theil des Blitzableiters selbst hiebei anzusehen war, so möchte der ganze Vorgang an sich nichts Räthselhaftes darbieten. Es möchte daher die Erscheinung als keine andere anzusehen sein, wie eine solche, die sich an einem unterbrochenen Blitzableiter darbietet. Dass übrigens Loomis bei seinen Erörterungen ein kleines Versehen einschleichen liess, werden wir weiter unten (§. 36) auseinander zu setzen versuchen. — Ich kann nicht unerwähnt lassen, dass die von mir gegebene Erklärung der hier in Rede stehenden Erscheinungen, welche fehlerhaft angelegte Bodenleitungen eines Blitzableiters darbieten können, schon von Haldane (Versuche, den Grund zu entdecken, weshalb der Blitz in Gebäude einschlug, die mit Gewitterableitern versehen waren, vom Oberst-Lieutenant Henri Haldane. Nicholson's *Journ. of nat. philos.* I. 433—441; im Auszuge in Gilbert's Annalen der Physik I. 116—128 *) aufgestellt worden ist, wenn gleich die theoretischen Anschauungen Haldane's mit den gegenwärtigen nicht mehr in Einklang stehen. Haldane zieht nämlich unter Anderem aus seinen Versuchen beiläufig die folgenden Schlüsse und Betrachtungen: „Aus diesen Versuchen erhellt, dass es nicht sowohl auf die Gestalt und Construction der Blitzableiter, die man an Gebäuden anbringt, als vielmehr auf die jedesmalige Lage der unteren Fläche der geladenen Luftschicht gegen das Gebäude ankommt, ob der Ableiter seine Dienste gehörig verrichten und das Gebäude sichern werde". Im weiteren Verlaufe seiner Betrachtungen sagt er dann: „Diese Betrachtungen über die Wirkungen verstärkter Elektricität habe ich bisher mit Fleiss auf einzelne Gebäude eingeschränkt; allein sie können sich in der Natur auf einen viel grösseren Erdraum, als den ein Gebäude einnimmt, erstrecken. Der Blitz, der einen Gewitterableiter trifft, kann längs desselben, ohne dem Gebäude Schaden zu bringen, zur Erde herabgehen; allein wenn er in Berührung mit der Erde gekommen ist, wird er sich deshalb noch nicht sogleich zersetzen. Das findet nur da statt, wo er mit entgegengesetzter Elektricität in Verbindung kommt. Haftet diese an entlegenen Körpern auf der Erde, so wird der Blitz fortwirken, bis er an den Ort dieser entgegengesetzten Elektricität angelangt ist, und findet er auf diesem Wege nicht gute Leiter, so kann er dabei noch grossen Schaden anrichten. Man pflegt den Schaden, der in einiger Entfernung von dem Platze angerichtet wird, an welchem der Blitz eingeschlagen hat, aus Gründen der Franklin'schen Theorie, dem sogenannten Rückschlag zuzuschreiben. Mit einer wenigstens gleichen Wahrscheinlichkeit lässt er sich davon ableiten, dass der Platz in dem Wege lag, den der Blitz von einer der Oberflächen der geladenen Leiter zur entgegengesetzten nahm". Die Art und Weise aber, wie man diesen Erscheinungen durch eine zweckmässige Einrichtung der Bodenleitung entgegen zu treten hat, wird von Haldane nicht weiter beachtet. Da nun seine Erklärungsweise der elektrischen Erscheinungen schon nach den damaligen Vorstellungen (im Jahre 1800) angezweifelt werden konnte, so mag diess der Grund sein, dass die von Reimarus erfolgte Gegenerklärung (Erklärung der Vorstellung vom Einschlagen des Blitzes und der Sicherheit von Ableitern, von J. A. H. Reimarus. Gilbert's Annalen der Phys. VI. 377—390 *), worin dieser nach-

zuweisen sucht, dass eine oberflächliche Leitung des Blitzes am Boden als rathsamer erscheinen solle, wie eine unterirdische Bodenleitung, lange Zeit hindurch als maassgebend betrachtet wurde, obgleich Reimarus durch seine Beispiele und Thatsachen mehr gegen seine eigentlichen Ansichten, als für die Unhaltbarkeit der von Haldane gefundenen praktischen Resultate wirkte.

[36] Es muss bemerkt werden, dass R. Patterson in seinem Vorschlage (man sehe Anmerk. 26) nicht von ausgeglühten Kohlen gesprochen hat, sondern er wollte nur, dass der Blitzableiter in ein mit Kohlen ausgefülltes Loch versenkt werde. Uebrigens wählte P. die Kohlen allerdings aus dem Grunde, weil sie beide genannte Eigenschaften besitzen sollen. Das Ende des Ableiters soll nach Patterson ausserdem aus Zinn oder Kupfer gemacht werden, und man soll diesen unteren Theil der Ausleitung mit einer Schichte von Graphit überziehen.

[37] Yelin, a. a. O. p. 40*.

[38] R. Hare (Pennsylvanien). Ueber die Ursachen, warum Wetterableiter in einigen Fällen nicht schützen, und die Mittel, dieselben vollkommen schützend zu machen, nebst einer Widerlegung der herrschenden Idee, dass Metalle die Elektricität vorzüglich anziehen. Aus Gill's *Technical Repository*, Nov. 1827, p. 290, in Polytechn. Journ. XXVII. 268—272*.

[39] Ein Fall dieser Art ist in der oben über das Blitzereigniss zu Seefeld mitgetheilten Thatsache (S. 123) angegeben worden. Ein anderes hieher gehöriges Beispiel dürfte der Blitzschlag auf den Thurm zu Siena am 18. April 1777 darbieten, über welchen Reimarus (a. a. O. p. 383—385*) eine vollständige Beschreibung gibt.

[40] Aus dem dreissigsten Briefe Franklin's, in dessen Werken I. 379—380*.

[41] Versuche, Bemerkungen und Erfahrungen, welche die Meinung bestätigen, dass langspitzige Stäbe zur Beschützung der Gebäude gegen Wetterschläge vorzüglich sind. Gelesen etc. im Aug. 1772. Franklin's Werke I. 426—442*.

[42] A. a. O. 417—422*. Nach einer von Reimarus (a. a. O., p. 445*) gegebenen Notiz soll Franklin (in einem Aufsatze im *Edinb. phys. and lit. Ess.* III. 131) angerathen haben, zwei Auffangstangen anzubringen, wenn das Gebäude 100 Fuss lang wäre, so dass er also einen Wirkungskreis von mindestens der sechsfachen Höhe der Auffangstange als zulässig gehalten hätte.

[43] M. Landriani. Abhandlung über den Nutzen der Blitzableiter. p. 88—92*.

[44] Arago. IV. 288—291*.

[45] Eine ausführliche Beschreibung nach der von Haffenden selbst auf Veranlassung Henly's gegebenen — in den *Phil. Trans.* Vol. LXV. p. 336—342 enthaltenen — Erzählung wird von Reimarus in seinem Werke, p. 409—412* mitgetheilt.

[46] In einem Briefe vom 28. März 1782 an Landriani gibt Hyacinth Magellan beiläufig die folgende Beschreibung des erwähnten Ereignisses. Das Arbeitshaus Norfolk hatte die ausdrückliche Bestimmung, den Armen des Landes Beschäftigung zu geben. Es hatte die Gestalt eines „H", wobei die senkrechten Schenkel die beiden Flügel des Gebäudes vorstellen, deren Distanz etwa 108 engl. Fuss betrug. Dieselben wurden durch ein Zwerggebäude mit einander verbunden. Auf die Schornsteine waren acht Auffangstangen vertheilt, die über ihre Befestigungsstellen gegen 4½ Fuss emporragten. Jede dieser 8 Stangen war mit einer Hauptleitung versehen, von welchen eine in einer Versitzgrube einmündete, drei andere endigten in einem in der Nähe gelegenen Aborte fast unmittelbar an einer eisernen Mauerklammer, und die übrigen Blitzableiter hatten ihre gemeinschaftliche Ausleitung in einem gemauerten Kanale, der aus einem Stalle nach der Versitzgrube führte. „Die Ausleitnngen in den Boden waren also sämmtlich so mangelhaft, als ob sie in der Luft gehangen wären." Ausserdem war um die ganze Dachrinne herum eine bleierne Bedeckung, die mit den Ableitern nicht in Verbindung, und die sogar vom nächsten Ableiter um 42 engl. Fuss entfernt war. Diese bleierne Bedeckung war es nun, die an der Spitze, welche der Richtung zugekehrt war, aus der das Gewitter kam, zuerst vom Blitze getroffen worden sein soll. — Was die Wirksamkeit der Spitzen jener Blitzableiter betraf, so bemerkt Magellan, dass dieselbe nicht in Anschlag gebracht werden konnte, weil dieselben aus Eisen, längst in verrostetem Zustande waren, „und man vernachlässigt hatte, dieselben aus vergoldetem Kupfer zu machen". Die deutlichsten Spuren der Schmelzung waren daher an der genannten Ecke aus Blei, von hier aus soll die Entladung gegen den Dachstuhl sich erstreckt haben, weil an den benachbarten Dachziegeln eine Durchbrechung von etwa 16 engl. Zoll wahrgenommen, und der Dachstuhl in Folge des Blitzschlages gezündet worden war. Die Ausleitung fand jener Blitzschlag durch die Mauer, die er mehrfach durchlöcherte, und von wo aus die Spuren in einem Stalle, der mit Wasser überschwemmt war, noch verfolgt werden konnten. Landriani's Abhandlung vom Nutzen der Blitzableiter, p. 157—160*. —

[47] Plieninger. Ueber die Blitzableiter etc. p. 47—48*.

[48] Eine solche Ueberladung der Gebäude mit Blitzableitern findet man insbesondere da, wo die Messingdrahtseile der oben erwähnten Art etc. verwendet werden. Imhof sagt selbst in seiner Schrift (a. a. O. p. 35), dass „eine einzige Fortleitung gar oft nicht im Stande sei, den ganzen Blitzstrom aufzufassen" etc. etc., und hielt es daher für nöthig, jeden Thurm mit einer Haupt- und zwei bis drei Nebenleitungen zu versehen etc. So haben die beiden Thürme der Münchener Domkirche nicht weniger als 8, der der St. Peterskirche hatte 5 Blitzableiter, an einzelnen Gebäuden findet man oft nicht weniger als 20 bis 30 Blitzableiter mit eigenen Bodenleitungen angelegt, wo deren drei oder vier ausreichend gewesen wären. Durch diesen Umstand mag es auch theilweise erklärlich werden, warum die fehlerhaften Blitzableiter, wie sie nach Imhof's Anleitung noch gegenwärtig bei uns ausgeführt werden, dennoch den hinreichenden Schutz darboten. Dass übrigens diese Blitzableiter dennoch als mangelhaft sich erweisen, obgleich die Zahl derselben fast an jedem grösseren Gebäude mindestens die fünffache von der ist, welche bei richtig eingerichteten Blitzableitern nöthig wäre, dafür zeugen die in jedem Jahre nothwendig werdenden Reparaturen an den einzelnen Führungen sowohl, wie an den Leitungen selbst. Die hierüber vorgenommenen Erhebungen beweisen, dass die Thürme der Münchener Frauenkirche, deren relative Höhe beiläufig 300 Fuss beträgt, fast in jedem Jahre von Blitzschlägen heimgesucht werden, die die Spuren ihrer Bahn theils an den Thurmknöpfen, theils aber an den Verbindungsstellen der Leitungen unter sich und mit den sogenannten Steften hinterlassen. — Ein solches Ueberladen mit Blitzableitern finden wir auch unter Anderem bei der gegenwärtig bestehenden Einrichtung an dem in *Fig. 60* abgebildeten Gebäude, einem in der Ludwigsstrasse stehenden Palais (Sr. K. Hoheit des Herzog Max gehörend), wo mindestens 20 Blitzableiter, die der Hintergebäude nicht eingerechnet, sich vorfinden.

[49] Das von Henry angegebene Verfahren (siehe Berl. Ber. II. 366*), die metallenen Dächer für den Blitzableiter zu benutzen etc., ist nicht als neu zu betrachten, indem schon Beccaria (siehe Landriani's Abhandlung etc., p. 194*) derartige Hülfsmittel in Vorschlag brachte, die übrigens weit ergiebiger gewesen wären, wenn sie zur Ausführung gekommen wären, wie die von Henry in Vorschlag gebrachte Anordnung.

[50] Landriani's Abhandlung, p. 170*.

[51] F. Reich. Ueber die Wirkung einiger Blitzschläge in Freiberger Gruben. Pogg. Ann. LXV. p. 607—611*.

Ich führe hier den ersten der Fälle an, welche Reich zur Mittheilung bringt, weil gerade dieser geeignet sein dürfte, um sich eine, wenn auch kleinliche Vorstellung davon machen zu können, wie die Verbreitung der Blitzesentladungen auf grosse Tiefen stattfinden kann, wenn die Umstände hiefür günstig sind. „Am Spätabend des 28. März 1845 entlud sich in der Umgegend von Freiberg ein Gewitter, wobei zwischen 10 und 11 Uhr ein Blitzschlag das Treibehaus des Röschenschachtes der Grube Bescheert Glück, und zwar ohne Zweifel den dortigen Blitzableiter traf. Der bei der Ausförderung der Tonne beschäftigte Arbeiter sah das Innere des Hauses hell erleuchtet, hörte den heftigen Donnerschlag, bemerkte aber auch zugleich, dass das Feuer des Blitzes an dem Signaldrahte, einem dicken eisernen Drahte, der zur Angabe der bei der Förderung nöthigen Zeichen dient, in den Schacht hineinfuhr, worauf er die Fördermaschine durch den Brems anhielt, bis er sich überzeugte, dass weiter nichts vorgefallen sei. Auf der sechsten Gezeugstrecke in demselben Schachte, 1182 Dresdner Fuss in geneigter Richtung unter der Oberfläche, befand sich der die Füllung der Treibetonne besorgende Arbeiter. Derselbe sah an dem schon genannten Signaldrahte, den er hier von seiner tieferen Fortsetzung abgehangen, und mit einem hölzernen Knöbel versehen hatte, eine helle Erleuchtung, die am Ende davon absprang, wobei sie eine heftige, einem Schusse ähnliche Explosion hervorbrachte, ohne jedoch sonst eine Wirkung zu hinterlassen, und ohne dass der Arbeiter eine Empfindung oder einen besonderen Geruch wahrgenommen hat." Ob diese Entladung eine directe war, oder ob dieselbe einem Rückschlage oder einer Seitenentladung zuzuschreiben sein dürfte, kann aus den Angaben nicht wohl entnommen werden. Es heisst nämlich im weiteren Verlaufe jener Beschreibung, „dass die auf dem Forste des Hauses hingehende Blitzableitung nahe neben dem sogenannten Wächter, einer Glocke, die von dem unterirdisch hängenden Wasserrade durch einen Metalldraht bei jedem Umgange angeschlagen wird, vorbeiführe; dass aber dieser Wächterdraht weiter unten in die Nähe jenes Signaldrahtes kommt. Dieser ist ohne Unterbrechung in den Schacht hineingeleitet, steht aber mit der immer sehr nassen Zimmerung mehrfach durch eiserne Bankeisen in Verbindung."

Ausserdem ist bemerkenswerth, dass ein Blitzschlag in dem nämlichen Schachte der Grube Bescheert Glück am 16. Juni 1787, Morgens 11 Uhr, sich ereignete, der hier ebenfalls erwähnt wird, und früher schon (Lempe's Magazin V. 150) beschrieben worden ist,

und ein weiterer Fall in demselben Bergwerke aus dem Jahre 1799 (5. Juli, Abends 7 Uhr) durch Aufschreibungen nachgewiesen werden konnte.

[52] Arago. IV. 140*.

[53] Ibid. p. 223*.

[54] Reimarus, vom Blitze. p. 227—233*.

[55] Ibid. p. 379*; Hemmer's Anleitung, p. 80*; aus Toaldo's Abhandlung, p. 97, in Landriani, p. 109*.

[56] Landriani's Abhandlung, p. 227*.

[57] Arago. IV. p. 305—308*.

[58] Landriani's Abhandlung, p. 193*.

[59] A. a. O. p. 64*.

[60] Ich bemerke hier einstweilen, dass es vielleicht möglich sein dürfte, nachzuweisen, dass Blitzableiter, die von kugelförmigen Conductoren, anstatt von Auffangstangen, ausgehen, unter sonst gleichen Umständen weit stärkeren Entladungsströmen ausgesetzt sind, als die Franklin'schen Apparate. Diese Thatsache, die schon aus älteren Versuchen, wie sie Wilson, Nairne, Haldane und Andere vorgenommen haben, so wie durch theoretische Erläuterungen unterstützt werden kann, lässt sich auch durch directe Erfahrungen bestätigen. Ein solcher Fall scheint mir der im August dieses Jahres zu Rott bei Rosenheim (in Oberbayern) vorgekommene zu sein. Der Thurm der ehemaligen Klosterkirche zu Rott, die auf einer Anhöhe von etwa 200 Fuss relativer Höhe mit den angrenzenden Gebäuden frei gegen die im Thale liegenden Objecte steht, war noch bis zur letzten Zeit mit einer Leitung aus Eisenschienen versehen, die aus dem sogenannten Nagelschmiedeisen gefertiget war. Die Breite dieser Schienen betrug etwa 5 Par. Linien, ihre Dicke ohngefähr 2,5 Linien (also ihr Querschnitt beiläufig 12,5 Quadratlinien). Die Leitung ging von dem kupfernen Thurmknopf aus, dessen Durchmesser mehr als 1 Fuss beträgt. Auf eine Länge von mehr als 100 Fuss war die Leitung von dem genannten Querschnitte, während ihr unterer Theil, der in den Boden ging, und hier mit einer Bleiröhre versehen war, einen viel grösseren Querschnitt hatte. Ausser diesem Blitzableiter am Thurm ist noch ein zweiter an der Kirche angebracht, der von einer Auffangstange ausgeht, der aber mehrfache Unterbrechungen auf bedeutende Längen hatte. Von zwei Blitzschlägen, die unmittelbar auf einander folgten, traf einer den Thurm, der andere den zweiten Ableiter. Hiebei wurde die eiserne Schienenleitung am Thurme auf eine Länge von mehr als 100 Fuss zerschmettert, in viele Stücke zerrissen, und jedes Stück zeigt die deutlichsten Spuren von stattgehabten Schmelzungen. Der Thurmknopf wurde hiebei an vielen Stellen eingedrückt, und an der Stelle, wo er durch einen Ring mit der Leitung in Verbindung stand, mehrfach aufgeschlitzt. Die zweite Leitung hingegen wurde zwar glühend, aber weitere Beschädigungen an derselben konnten keine anderen wahrgenommen werden, als dass die Spitze umgebogen war. Durch die Ausleitung der Entladung in den Boden wurden aber mehrfache Beschädigungen hervorgebracht. Ich gebe die Erzählung dieses Ereignisses, wie sie mir von dem Blitzableitersetzer mitgetheilt ward, der in einem benachbarten Orte zu jener Zeit gerade beschäftiget, und dem unmittelbar nach dem Gewitter die Untersuchung des Sachbestandes übertragen worden war. — Derlei Fälle sind mir mehrere bekannt, und ich werde daher in dem letzten Kapitel dieses Abschnittes auf die berührten Thatsachen wieder zurückkommen, wenn ich in den Besitz des hiefür erwarteten Materiales gelangen werde. Einstweilen bemerke ich aber, dass ich das Anbringen kugelförmiger Conductoren statt der Auffangstangen an Pulverthürmen für ein gefährliches Experiment halten muss!

[61] Le Roi und Franklin. Auszug aus den Registern der k. Akademie der Wissenschaften (zu Paris) über die Abhandlung, welche der Kriegscommissär Barbier de Tinan bezüglich der Art, die Kathedrale und den Thurm zu Strassburg mit Blitzableitern zu versehen, vorgelegt hatte. Landriani's Abhandl. p. 216*. — Ueber die Geschichte dieser Angelegenheit sehe man: A. Fargeaud: Ueber die Blitzschläge, welche am 10. Juli 1843 den Strassburger Münster trafen. *Compt. rend.* XVII. 254; Pogg. Ann. LXVI. 544*.

[62] Von diesen Arbeiten findet sich die Literatur am Ende dieses Abschnittes mit der anderweitigen Literatur über Blitzableiter zusammengestellt. Das Wenige, was in dem Folgenden über die Blitzableiter an Schiffen nach Snow Harris angegeben ist, wurde den folgenden Abhandlungen entnommen: W. Snow Harris, *On the utility of fixing lightning conductors in ships. Edinb. new philosoph. Journ.* III. 304*; Polyt. Journ. XLII. 414*. — W. Snow Harris, *On lightning conductors, and on experiments relating to the defence of shipping from lightning. Philos. Magaz.* (3) XVIII. 172*. — *Report of the Committee appointed by the admirality to examine the plans of lightning conductors.* Sturgeon's *annals of electr.*

V. 1; Repertor. d. Phys. VI. 290*. — C. Dupin, *Sur l'établissement des paratonnerres à bord des vaisseaux. Compt. rend.* XXXIX. 1159*.

[63] Reimarus, v. Blitze. 390*. — Priestley's Gesch. d. Elektric. p. 256*.

[64] Dieses Werk hat den Titel: „*Shiptwrecks by lightning.*" London 1856. 1 Vol. in Fol. — Bei Gelegenheit der Besprechung desselben in den *Comptes rendus* (Vol. XLIII. 1015*) sagt Despretz: „*Depuis vingt-cinq ans, aucun navire de la marine royale, pourvu d'un paratonnerre établi d'après les principes de M.* Harris, *n'a été endommagé par la foudre.*"

[65] Meines Wissens wurde zuerst von J. P. Wagner in Frankfurt diese Methode in Anwendung gebracht. Man sehe hierüber Pogg. Ann. LXIX. 554* oder Polyt. Journ. CIII. 265*. —

Kapitel IV.

Ueber das Gewitter und die mit demselben zusammenhängenden Blitzesentladungen gegen irdische Objecte. — Literatur zum ersten Abschnitte.

§. 45. Allgemeines über den Gegenstand dieses Kapitels.

Beim Beginne unserer Betrachtungen wurden diejenigen Aufgaben im Allgemeinen bezeichnet, deren Erörterung den Gegenstand des vorliegenden Abschnittes bilden soll.

Nachdem nun der grösste Theil der dort (§. 1) aufgeworfenen Discipline zur näheren Besprechung gekommen ist, so erübriget uns noch, einige Betrachtungen über jene Fragen vorzunehmen, welche ebenfalls dort in Erwähnung kamen, und die zwar nur in indirecter Weise mit dem vorliegenden Gegenstande in Zusammenhang stehen, deren Erörterung aber zum grossen Theil hieher gehört.

Zu diesen secundären Fragen, die hier betrachtet werden sollen, gehören vor allem die Gewittererscheinungen, in so weit nämlich, als dieselben elektrischer Natur sind, und die, wie man gewöhnlich anzunehmen pflegt, als blosse Begleiter der eigentlichen Gewitter auftreten.

In Folge der Betrachtungen dieser Erscheinungen kann es dann versucht werden, zu beurtheilen, ob die Gefahren, welche durch Blitzesentladungen gegen irdische Objecte herbeigeführt werden, gross genug sind, um die Beachtung derselben zu rechtfertigen.

Was die Behandlungsweise dieser secundären Fragen betrifft, so werden wir uns hiebei nur an thatsächliche Resultate halten, wie sie aus den hierüber gesammelten Erfahrungen hervorgehen.

Auch hier erscheint es mir als zweckmässig, die methodische Behandlung des in Rede stehenden Gegenstandes, wie sie von Arago in origineller Weise in seiner trefflichen Abhandlung aufgefasst worden ist, stets als Muster im Auge zu behalten.

§. 46. Ueber die geographische Vertheilung der Gewitter.

Was man unter einem Gewitter eigentlich verstehen will, lässt sich, nach meiner Ansicht, durch eine Definition nicht feststellen. Es entscheidet hier am meisten der durch Erfahrungen fixirte Eindruck auf unsere Organe, der eigen-

thümliche Zustand der umgebenden Atmosphäre, so wie der an der Erdoberfläche selbst, welcher unmittelbar vor einem Gewitter und während desselben sich kund gibt. Die Erscheinungen während der Bildung eines Gewitters sind zwar im Allgemeinen bekannt; man weiss nämlich, dass eine allmählige — zuweilen auffallend rasche — und eigenthümliche Wolkenerzeugung jedem Gewitter vorangeht, wenn der Wärme- und Feuchtigkeitszustand an der Oberfläche der Erde (an dem betreffenden Orte) hiefür günstig ist, dass die Gewitterbildung von allen Umständen überhaupt abhängig ist, welche der Erzeugung der Wolken über einer bestimmten Gegend nicht hindernd in den Weg treten, dass die Wolkenformation ein eigenthümliches, von den gewöhnlichen Wolkengebilden ganz verschiedenes Ansehen besitzt; man gibt ferner zu, dass die Bildung dieser Gewitterwolken eine gewisse Anzahl von Phasen durchmacht, und dass, wenn endlich die Ausbildung derselben bis zum höchsten Grade gediehen ist, während der ganzen Dauer dieser Erscheinungen fortwährend in ihrem Innern noch Processe vor sich gehen, die auf ihre scheinbare Gestalt, Ausdehnung, innere Beschaffenheit etc. etc. Einfluss ausüben, und die eben dieses, so wie jedes andere Wolkengebilde nicht als etwas Unveränderliches und Fertiges, sondern als etwas in der wechselseitigen Erzeugung und Auflösung Begriffenes erscheinen lassen.

Welche Aenderungen und besondere Erscheinungen aber während der Bildung der Gewitterwolken an der Erdoberfläche eintreten (siehe S. 66), oder wahrgenommen werden können, und ob diese Erscheinungen zur Gewitterbildung nothwendig sind, lässt man gewöhnlich ganz und gar unentschieden, oder man beachtet dieselben auch gar nicht, wenn sie nicht von besonders auffallenden Wirkungen begleitet sind.

Kömmt das Gewitter, wie man gewöhnlich sich ausdrückt, zum eigentlichen Ausbruch, so fasst man nur die hiebei auftretenden Erscheinungen ins Auge, und nennt den Inbegriff aller dieser in ein eigenthümliches Dunkel gehüllten Vorgänge, welche von Störungen im Gleichgewichtszustande der Atmosphäre, elektrischen Entladungen — Blitz und Donner —, wasserförmigen und festen meteorischen Niederschlägen, Temperaturänderungen begleitet sind, das eigentliche Gewitter.

Welche Rolle bei der Bildung eines Gewitters die Elektricität einnimmt, ob dieselbe überhaupt zur Gewitterbildung nothwendig sei, oder nicht, lässt man im Allgemeinen ebenfalls unentschieden. Man betrachtet sogar gewöhnlich die Bildung der Gewitterwolken als ganz unabhängig von elektrischen Wirkungen, und sieht die während der Gewitterentladung auftretenden elektrischen Entladungserscheinungen nur als Vorgänger und Begleiter von plötzlich eintretenden Niederschlägen an, gleichsam in der Art, wie z. B. die Wärmeerscheinungen etc., die bei raschen molekularen Aenderungen an Körpern wahrgenommen werden.

Ueber die Entstehungsweise der Elektricität in den Gewitterwolken herrschen zwar gegenwärtig noch verschiedene, zum Theil unter einander sehr abweichende Ansichten. Diese sämmtlichen Anschauungsweisen dürften sich füglich auf zwei Klassen zurückführen lassen, und zwar gehören zur einen Klasse diejenigen, welche die Elektritätsquelle an der Erde selbst annehmen, von welcher

aus durch die in Nebel- oder Dampfform durch aufwärts gehende vertikale Luftströmungen in die Atmosphäre gelangenden Wassermassen das Gewittermaterial hier angesammelt wird, während die sämmtlichen zur zweiten Klasse gehörigen Hypothesen die Elektricität der Gewitterwolken in diesen selbst entweder während ihrer Bildung oder im Augenblicke des eintretenden massenhaften Niederschlages entstehen lassen. Im Allgemeinen ist also die Entstehungsquelle der Gewitterelektricität entweder an der Erde, oder sie ist in der Atmosphäre. Die meisten dieser hypothetischen Anschauungen kommen aber trotz ihrer grossen Verschiedenheit darin überein, dass sie der Elektricität einen integrirenden Antheil an der Gewitterbildung selbst nicht einräumen, sondern jene nur als Begleitungserscheinungen der Gewitter ansehen.

Es kann nicht in Abrede gestellt werden, dass es nicht bloss interessant, sondern sogar sehr wichtig sein dürfte, zu untersuchen, in wie weit die herrschenden Ansichten über die Entstehung der Gewittererscheinungen mit den Erfahrungen übereinstimmen, und welche derselben die meisten Thatsachen für sich aufzuweisen hat. Um über diese Frage endgültig entscheiden zu können, wären aber Hülfsmittel nothwendig, die zum Theile in den betreffenden Disciplinen der Physik der Erde noch gar nicht bis zu der Entscheidung gediehen sind, um von denselben einen ergiebigen Gebrauch machen zu können.

Es kann nicht meine Absicht sein, selbst unter Benutzung des gegenwärtig vorhandenen Materiales, bei dieser Gelegenheit auf eine solche umfassende Untersuchung einzugehen; aber versuchen will ich es, zu erläutern, zu welchen Schlüssen uns diejenigen Resultate berechtigen, welche aus Beobachtungen und Erfahrungen über die an verschiedenen Orten in der Atmosphäre und an der Erde wahrgenommenen elektrischen Entladungserscheinungen allein, ohne Rücksicht auf andere atmosphärische Vorgänge, sich folgern lassen.

Ich gehe daher zunächst auf die Vertheilung der Gewitter über. Um über die Vertheilung der Gewittererscheinungen einigen Aufschluss erhalten, und sachgemässe Resultate hieraus ziehen zu können, sollte das Beobachtungsmaterial aus Aufzeichnungen entnommen werden können, die nach einem ähnlichen Systeme gewonnen worden sind, wie die Beobachtungen anderer atmosphärischer Erscheinungen. (Es dürften dabei insbesondere die von der naturforschenden Gesellschaft zu Halle im Jahre 1823 veröffentlichten Vorschriften [1] zum grössten Theile noch jetzt als maassgebend betrachtet werden.)

Mindestens sollte man aber, wo ein derartiges vollständiges Beobachtungssystem nicht durchgeführt werden kann, aus den betreffenden Aufzeichnungen ersehen können, ob das beobachtete Gewitter die Station berührt hat, oder ob dasselbe in der Nähe (und in welcher Himmelsgegend) wahrgenommen wurde etc. etc.; ferner, ob man von entfernten Gewittern den Donner hörte, ob Blitz und Donner, oder ob bloss Blitzeserscheinungen wahrgenommen worden sind. — Ausserdem sollte nicht bloss die Zahl der Tage mit Gewittern, sondern auch die Zahl der sämmtlichen Gewitter aufgezeichnet werden, welche an einem und demselben Tage stattfanden, unter Angabe der Dauer derselben und der sonstigen sie begleitenden Erscheinungen.

Im Folgenden (Tabelle I) habe ich die Zahl der Gewittererscheinungen von

Tabelle I.

Nummer.	Geographische Breite. N. Grad.	Minuten.	Ort.	Land.	Länge von Paris. Grad.	Minuten	Seehöhe in Par. Fussen.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	September.	October.	November.	December.	Winterhalbjahr (October bis März).	Sommerhalbjahr (April bis September).	Monat der grössten Gewitterzahl.	Dauer der Beobachtungs-Periode.	Bemerkungen.
1.	63	26	Drontheim	Norwegen	8	3	Nahe 0	0,11	0,33	0,11	0,0	0,0	0,44	1,0	0,44	0,11	0,11	0,67	0,56	1,89	1,99	Juli.	9 Jahre: 1762—1766 und 1768—1771.	
2.	62	30	Söndmör	„	3	59	„ 0	0,2	0,2	0,0	0,2	0,1	0,3	0,5	0,1	0,1	0,6	0,6	1,0	2,6	1,3	December.	12 Jahre.	Aeltere Beobachtungen.
3.	62	2	Yakutsk	Asiatisches Russland	127	23	285	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,2	2,3	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	Juli.	15 Jahre: 1829—1843.	
4.	60	27	Åbo	Europäisches Russland	19	57	Nahe 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,6	4,4	2,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	Juli.	12 Jahre.	Aeltere Beobachtungen.
5.	60	24	Bergen	Norwegen	2	58	„ 0	1,3	1,3	0,1	0,2	0,0	0,2	0,8	1,0	0,5	0,0	0,4	0,0	3,1	2,7	Januar u. Februar.	7 Jahre.	„ „
6.	59	57	a. Petersburg	Europäisches Russland	27	38	9	0,0	0,0	0,0	0,6	1,4	3,6	4,0	2,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,3	12,1	Juli.	10 Jahre: 1783—1792.	
	„	„	b. „	„ „	„	„	„	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	3,0	3,3	3,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	Juli und August.	11 Jahre: 1846—1856.	
7.	59	52	Upsala	Schweden	15	18	...	0	0	0	0	1	1	2,5	1,5	0	0	0	0	0,0	6,0	Juli.	2 Jahre: 1855—1856.	Nicht ausreichend.
8.	59	45	Bogoslowsk	Europäisches Russland	57	39	650	0,0	0,0	0,0	0,1	1,3	4,6	6,6	2,6	0,5	0,1	0,0	0,0	0,1	15,7	Juli.	11 Jahre: 1846—1856.	
9.	59	38	Spydberg	Norwegen	..	..	618	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,7	2,3	1,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	Juni.	3 Jahre: 1784—1786.	
10.	59	22	Baltischport	Europäisches Russland	22	0	...	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,8	3,0	3,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	Juli und August.	10 Jahre: 1839—1841, 1844—1850.	
11.	59	21	Stockholm	Schweden	15	43	300	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	1,9	2,4	3,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	August.	10 Jahre: 1783—1792.	
12.	58	?	Skara	„	21	?	...	0,1	0,0	0,0	0,0	0,9	2,0	3,8	1,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	Juli.	25 Jahre: 1754—1778.	
13.	57	3	Sitka	Amerikanisches Russland	—137	50	...	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,8	0,1	1,2	0,3	November.	9 Jahre: 1847—1854, 1856.	Im Laufe des ganzen Jahres zum grössten Theile bewölkt oder Regen etc. etc.
14.	56	50	Catherinenburg	Europäisches Russland	58	14	850	0,0	0,1	0,0	0,1	3,0	10,0	15,4	8,0	0,8	0,1	0,0	0,0	0,2	37,3	Juli.	11 Jahre: 1846—1856.	
15.	55	47	Kasan	„ „	46	46	280	0	0	0	0	1	1	3	4	0	0	0	0	0	9	—	1 Jahr: 1814.	Nicht maassgebend.
16.	55	45	Moskau	„ „	35	14	360	0,0	0,0	0,0	1,8	3,3	7,7	6,3	3,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	22,4	Juni.	9 Jahre: 1783—1789, 1791—1792.	
17.	55	4	Slaatousk	Asiatisches Russland	57	25	1230	0,0	0,0	0,0	0,1	2,5	5,5	8,2	3,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	19,7	Juli.	11 Jahre: 1846—1856.	
18.	54	15	Gorki	„ „	28	35	690	0,0	0,0	0,1	1,1	2,6	3,3	5,6	2,6	0,5	0,1	0,0	0,0	0,2	15,8	Juli.	11 Jahre: 1844—1854.	
19.	53	53	Cuxhafen	Hamburg	6	24	Nahe 0	0,0	0,1	0,1	2,1	1,8	1,5	2,2	2,1	0,8	0,7	0,1	0,0	1,0	11,2	Juli.	10 Jahre.	Aeltere Beobachtungen.
20.	53	33	Hamburg	„	7	38	60	0,0	0,2	0,5	1,0	1,4	1,8	2,8	1,6	0,7	0,4	0,1	0,1	1,3	9,3	Juli.	10 Jahre.	„ „
21.	53	22	Emden	Hannover	4	52	...	0,1	0,0	0,3	0,7	1,3	1,1	3,0	3,2	0,6	0,4	0,2	0,2	1,2	9,9	August.	13 Jahre: 1844—1856.	
22.	53	20	Barnaul	Asiatisches Russland	81	37	400	0,0	0,0	0,0	0,3	2,3	7,3	10,3	6,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	26,8	Juli.	11 Jahre: 1846—1856.	
23.	53	15	Lüneburg	Hannover	8	4	180	0,1	0,2	0,2	1,2	3,0	4,2	5,4	4,1	1,3	0,3	0,1	0,1	1,0	19,2	Juli.	20 Jahre.	Aeltere Beobachtungen.
24.	52	31	Berlin	Preussen	11	3	144	0,1	0,2	0,2	1,1	2,4	3,8	4,1	3,6	1,3	0,2	0,1	0,1	0,9	16,3	Juli.	120 Jahre: 1701—1820.	
25.	52	17	Irkutsk	Asiatisches Russland	101	56	1253	0	0	0	0	1,0	1,0	4,5	2,0	0	0	0	0	0,0	8,5	Juli.	2 Jahre: 1771—1772.	Nicht ausreichend.
26.	52	10	Leyden	Holland	2	9	Nahe 0 (?)	0,1	0,4	0,2	0,3	2,1	2,7	2,9	2,9	1,0	0,3	0,3	0,2	1,5	11,9	Juli und August.	29 Jahre.	Aeltere Beobachtungen.
27.	51	44	Koursk	Europäisches Russland	33	54	700	0,0	0,0	0,0	0,6	3,6	5,6	3,8	5,6	0,8	0,2	0,0	0,0	0,2	20,0	Juni und August.	5 Jahre: 1842—1846.	
28.	51	42	Sagan	Preussen	12	59	384	0,2	0,0	0,7	1,7	5,1	5,6	6,9	6,7	2,2	0,1	0,2	0,0	1,2	28,2	Juli.	12 Jahre: 1781—1792.	
29.	51	38	Zappelau	Schlesien	14	9	303	0,0	0,0	0,4	2,0	4,0	4,0	7,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,4	23,0	Juli.	11 Jahre: 1819—1829.	
30.	51	31	London	England	— 2	26	120	0,0	0,2	0,4	0,4	1,8	1,4	2,0	1,3	0,4	0,1	0,2	0,1	1,0	7,3	Juli.	16 Jahre: 1807—1822.	
31.	51	30	Middelburg	Holland	1	17	0	0,0	0,8	0,5	0,7	1,8	4,3	4,0	3,9	4,0	0,8	0,2	0,3	2,6	18,7	Juli.	6½ Jahre: Juni 1782 bis December 1788.	
32.	51	19	a. Nertschinsk	Asiatisches Russland	117	16	2230	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	1,3	0,2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	Juni.	6 Jahre: 1767—1772.	
	„	„	b. „	„ „	„	„	„	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	6,1	9,5	5,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	23,4	Juli.	10 Jahre: 1847—1856.	
33.	51	3	Gand (Gent)	Belgien	1	24	...	0,0	0,3	0,0	1,5	2,5	1,5	5,5	4,0	2,0	0,3	0,0	0,3	0,9	17,8	Juli.	4 Jahre: 1849—1852.	Nicht ausreichend.
34.	50	59	Erfurt	Preussen	8	42	640	0,0	0,0	0,0	0,5	1,9	3,2	3,5	3,4	1,5	0,0	0,0	0,1	0,1	13,0	Juli.	8 Jahre: 1781—1788.	
35.	50	51	Mastricht	Holland	3	20	160 (?)	0,0	0,1	0,4	1,5	2,5	2,9	3,7	3,3	1,4	0,5	0,1	0,1	1,2	15,3	Juli.	11 Jahre.	Aeltere Beobachtungen.
36.	50	51	a. Brüssel	Belgien	2	2	„	0,1	0,4	0,4	1,2	2,4	4,3	2,2	2,9	1,1	1,0	0,0	0,1	2,0	14,1	Juni.	8 Jahre: 1782, 1785, 1786, 1788—1792.	
	50	51	b. Brüssel	„	2	2	260	0,2	0,2	0,8	0,8	1,5	2,7	2,8	3,0	1,3	0,3	0,2	0,1	1,8	12,1	August.	20 Jahre: 1833—1852.	
37.	50	45 (?)	St. Trond	„	2	30	...	0,8	1,3	2,3	2,3	2,8	5,3	3,5	5,3	3,8	3,0	1,0	1,0	9,4	23,0	Juni und August.	5 Jahre: 1848—1852.	Nicht ausreichend.
38.	50	39	Liége (Lüttich)	„	3	11	...	0,2	0,3	0,7	0,3	2,2	3,2	3,5	4,8	2,0	1,2	0,0	0,3	2,7	16,0	August.	6 Jahre: 1847—1852.	
39.	50	28	Namur	„	2	31	...	1,5	0,8	1,0	3,0	3,5	1,5	3,3	3,5	4,3	2,8	0,8	0,3	7,2	19,1	August und Sept.	4 Jahre: 1849—1852.	Nicht ausreichend.
40.	50	28	Stavelot	„	3	35	...	0,3	0,3	0,7	1,0	4,0	1,7	6,3	4,0	1,3	0,0	0,3	0,3	1,9	18,3	Juli.	3 Jahre: 1850—1852.	„ „
41.	50	21	Prag	Böhmen	12	6	619	0,1	0,2	0,1	1,3	4,1	4,8	5,2	3,7	1,2	0,3	0,2	0,1	1,0	20,3	Juli.	51 Jahre: 1800—1850.	
42.	50	15	Koburg	Koburg	8	38	1000	0,1	0,1	0,0	1,0	2,5	3,4	4,5	3,3	1,0	0,2	0,2	0,0	0,6	15,7	Juli.	13 Jahre: 1843—1855.	
43.	50	13	Königgrätz	Böhmen	13	31	696	0,0	0,3	0,0	4,3	6,3	6,7	6,7	5,7	1,7	0,7	0,0	0,0	1,0	31,4	Juli.	3 Jahre: 1848—1850.	Nicht ausreichend.
44.	50	5	Senftenberg	„	14	8	1292	0,7	0,3	0,0	2,3	3,7	5,7	4,3	3,0	1,3	0,3	0,0	0,0	1,3	20,3	Juni.	4 Jahre: 1849—1852.	„ „
45.	50	4	Krakau	Galizien	17	38	664	0,1	0,0	0,0	1,9	4,3	5,4	4,4	4,7	2,1	0,4	0,0	0,1	0,6	22,8	Juni.	22 Jahre: 1826—1847.	
46.	49	56	La Chapelle	Frankreich	1	15	0 (?)	0,2	0,2	0,5	1,1	2,6	3,2	2,3	1,8	1,3	0,7	0,8	1,0	3,4	12,3	Juni.	18 Jahre.	Aeltere Beobachtungen.
47.	49	53	Bamberg	Bayern	8	33	700	0,5	0	0,3	2,3	6	7	8	6	3	1	0	0,3	—	—	—	4 Jahre: 1854—1857.	Unzuverlässig.
48.	49	48	Trier	Preussen	4	18	447	0,06	0,08	0,44	1,17	2,8	3,31	3,72	3,51	1,57	0,44	0,11	0,06	1,2	16,08	Juli.	73 Jahre: 1783—1855.	
49.	49	48	Würzburg	Bayern	7	36	500	0,0	0,0	0,1	1,0	2,4	3,4	3,4	2,6	0,5	0,4	0,0	0,2	0,8	13,3	Juli.	8 Jahre: 1781—1788.	
50.	49	35	Poltava	Europäisches Russland	32	6	380	0,0	0,0	0,0	0,4	2,0	3,6	1,6	1,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	Juni.	13 Jahre: 1836—1848.	Nicht zuverlässig.
51.	49	29	Mannheim	Baden	6	8	280	0,2	0,2	0,3	1,3	2,9	4,2	4,3	4,9	1,6	0,5	0,2	0,2	1,6	19,2	August.	12 Jahre: 1781—1792.	
52.	49	28	Nürnberg	Bayern	8	44	940	0,0	0,0	0,1	0,1	2,4	3,4	3,9	3,4	0,7	0,1	0,0	0,0	0,2	13,9	Juli.	7 Jahre: 1852—1859 (1853 fehlt).	
53.	49	18	Ansbach	„	8	14	1200	0,12	0,16	0,28	1,76	4,0	4,52	5,12	5,36	1,68	0,28	0,28	0,04	1,16	22,44	August.	25 Jahre.	
54.	49	4	Regensburg	„	9	46	1153	0,1	0,11	0,22	1,43	3,64	4,51	4,71	4,41	1,4	0,21	0,03	0,08	0,75	20,10	Juli.	61 Jahre: 1774—1834.	
55.	48	50	Paris	Frankreich	0	0	200	0,1	0,1	0,3	0,8	2,6	3,0	2,6	2,1	1,2	0,6	0,1	0,1	1,3	12,3	Juni.	51 Jahre: 1785—1803, 1806—1837.	
56.	48	47	a. Stuttgart	Würtemberg	6	50	850	0,1	0,07	0,17	1,20	4,0	5,6	4,37	4,17	1,07	0,2	0,17	0,07	0,88	20,41	Juni.	30 Jahre: 1825—1854.	
	„	„	b. „	„	„	„	„	0,05	0,05	0,12	1,05	3,16	3,9	3,3	2,95	0,83	0,14	0,05	0,03	0,44	15,19	Juni.	63 Jahre: 1792—1854.	

Tabelle I.

(Schluss.)

Nummer.	Geographische Breite. N. Grad.	Minuten.	Ort.	Land.	Länge von Paris. Grad.	Minuten	Seehöhe in Par. Fussen.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	September.	October.	November.	December.	Winterhalbjahr (October bis März).	Sommerhalbjahr (April bis September).	Monat der grössten Gewitterzahl.	Dauer der Beobachtungs-Periode.	Bemerkungen.
57.	48	35	Lougan	Europäisches Russland	37	7	330	0,0	0,0	0,0	1,4	5,7	8,5	7,1	5,3	1,0	0,6	0,0	0,0	0,6	29,0	Juni.	11 Jahre: 1846—1856.	
58.	48	35	a. Dillingen	Bayern	8	10	1309	0,0	0,0	0,1	0,6	2,1	4,1	3,3	1,4	0,8	0,1	0,1	0,0	0,3	12,3	Juni.	8 Jahre: 1837—1844.	
	„	„	b. „	„	„	„	„	0,2	0,0	0,0	0,8	2,2	3,3	2,8	2,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,2	12,4	Juni.	4 Jahre: 1854—1857.	
59.	48	34	Passau	„	11	8	850	0,0	0,0	0,1	0,6	0,1	1,9	1,6	2,6	1,0	0,3	0,1	0,0	0,5	7,8	August.	7 Jahre: 1852—1858.	Nicht ganz verlässig.
60.	48	28	Catherinoslav	Europäisches Russland	32	45	. . .	0,0	0,0	0,0	0,8	1,5	2,0	1,0	1,8	1,0	0,3	0,0	0,0	0,3	8,1	Juni.	4 Jahre: 1839—1842.	Nicht ausreichend.
61.	48	24	Freysing	Bayern	9	25	1357	0,1	0,0	0,2	1,5	4,0	5,5	5,5	4,5	1,1	0,1	0,1	0,2	0,8	22,1	Juni.	22 Jahre: 1838—1859.	
62.	48	22	Augsburg	„	8	34	1518	0,1	0,2	0,4	2,0	4,4	4,3	5,3	4,1	1,3	0,0	0,0	0,2	0,9	21,4	Juli.	12 Jahre.	Aeltere Beobachtungen.
63.	48	18	Giengen	Würtemberg	7	54	1480	0,1	0,0	0,2	1,4	5,0	4,5	4,8	3,7	1,8	0,2	0,0	0,2	0,7	21,2	Mai und Juli.	12 Jahre.	„ „
64.	48	12	Wien	Oesterreich	14	3	598	0,2	0,1	0,1	1,1	3,6	4,1	4,3	4,0	1,4	0,2	0,1	0,1	0,8	18,5	Juli.	58 Jahre: 1793—1850.	
65.	48	$8^1/_3$	a. München	Bayern	9	14	1569	0,0	0,1	0,1	1,8	3,2	4,5	5,4	5,9	1,0	0,3	0,2	0,2	0,9	21,8	August.	12 Jahre: 1781—1792.	
	48	$8^3/_4$	b. „ (Sternwarte)	„	„	16	1603	0,0	0,0	0,6	1,8	4,2	5,6	5,1	5,0	1,8	0,4	0,1	0,0	1,1	23,5	Juni.	18 Jahre: 1842—1859.	
66.	48	3	Kremsmünster	Oesterreich	11	48	1181	0,0	0,0	0,2	1,4	4,9	6,7	6,1	5,6	1,7	0,3	0,0	0,1	0,6	26,4	Juni.	51 Jahre: 1800—1850.	
67.	48	. .	Denainvilliers	Frankreich	0	. .	. . .	0,1	0,1	0,5	1,6	3,6	4,5	4,4	3,5	1,5	0,5	0,3	0,0	1,5	19,1	Juni.	26 Jahre: 1755—1780.	
68.	47	58	Andechs	Bayern	8	51	2150	0,2	0,0	0,8	2,2	4,3	5,6	6,1	6,2	1,8	0,3	0,1	0,2	1,6	26,2	Juli.	12 Jahre: 1781—1792.	
69.	47	48	Salzburg	Oesterreich	10	42	1344	0,0	0,1	0,4	2,7	3,2	7,8	8,1	7,2	2,7	0,7	0,1	0,0	1,3	31,7	Juli.	11 Jahre: 1842—1852.	
70.	47	48	a. Hohenpeissenberg	Bayern	8	40	3016	0,0	0,0	0,1	1,7	3,7	4,9	5,2	5,3	1,8	0,1	0,2	0,1	0,5	22,6	August.	12 Jahre: 1781—1792.	
	„	„	b. „	„	„	„	„	0,11	0,15	0,48	1,64	4,41	5,43	6,05	5,75	2,07	0,41	0,06	0,12	1,31	26,66	Juli.	57 Jahre: 1800—1810, 1813—1816, 1818—1859. Die Vertheilung auf die Monate fehlt im Jahrgange 1843.	
71.	47	44	Kempten	„	7	58	2060	0,0	0,0	0,0	0,9	2,6	3,3	2,7	2,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	Juni.	7 Jahre: 1853—1859.	
72.	47	42	a. Tegernsee	„	9	26	2224	0,0	0,0	0,0	1,3	3,1	4,6	5,8	6,1	1,8	0,1	0,3	0,1	0,5	21,7	August.	9 Jahre: 1781—1789.	
	„	„	b. „	„	„	„	„	0,0	0,0	0,1	2,0	5,2	8,6	9,7	8,6	3,0	0,2	0,2	0,0	0,5	37,1	Juli.	9 Jahre: 1851—1859.	
73.	47	29	Viviers	Frankreich	2	21	. . .	0,0	0,1	0,6	2,2	4,0	3,4	5,1	3,4	3,1	2,2	0,6	0,0	3,5	21,2	Juli.	10 Jahre: 1807—1816.	
74.	47	29	Ofen	Ungarn	16	43	480	0,0	0,0	0,3	2,0	4,6	7,2	6,6	5,1	2,0	0,2	0,1	0,0	0,6	27,5	Juni.	11 Jahre: 1782—1792.	
75.	47	27	Mittenwald	Bayern	8	56	2802	0,0	0,1	0,0	0,7	1,1	3,7	4,1	3,7	1,0	0,2	0,0	0,0	0,3	14,3	Juli.	10 Jahre: 1836—1845.	Nicht zuverlässig.
76.	47	22	Zürich	Schweiz	6	13	1262	0,04	0,09	0,2	1,5	2,8	4,5	4,0	4,5	1,3	2,3	1,1	0,04	3,8	18,6	Juni und August.	90 Jahre.	
77.	47	21	Hundwil	„	7	. .	2462	0,03	0,0	0,3	1,0	2,5	3,3	3,9	3,1	0,6	0,07	0,0	0,0	0,4	14,4	Juli.	31 Jahre: 1821—1851.	
78.	47	16	Stift Wilden	Tirol	9	4	1803	0,0	0,0	0,0	0,2	1,7	3,4	5,3	3,8	0,7	0,3	0,0	0,0	0,3	15,1	Juli.	26 Jahre: 1829—1854.	Bloss Donner.
79.	47	16 (?)	Sistrans	„	. .	. .	2619	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	3,3	5,2	4,2	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	Juli.	4 Jahre: 1825—1828.	„ „
80.	47	4	Gratz	Steiermark	13	6	1142	0,0	0,0	0,2	1,6	4,0	8,3	6,0	5,8	2,3	1,0	0,0	0,0	1,2	28,0	Juli.	9 Jahre: 1837—1845.	
81.	46	57	a. Bern	Schweiz	5	6	1800	0,03	0,03	0,14	0,75	2,56	3,03	4,17	3,0	0,86	0,08	0,03	0,03	0,34	14,37	Juli.	36 Jahre: 1683—1718.	
	„	„	b. „	„	„	„	„	0,0	0,19	0,5	1,87	4,44	5,50	5,50	5,87	2,37	0,69	0,25	0,06	1,69	25,55	August.	16 Jahre: 1837—1852.	
82.	46	45	Quebec	Canada	— 73	36	0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,5	5,5	8,0	5,0	1,0	0,5	0,1	0,1	0,7	22,6	Juli.	?	
83.	46	29	Odessa	Europäisches Russland	28	25	164	0,0	0,0	0,2	0,2	1,8	2,3	1,2	1,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,2	8,4	Juni.	6 Jahre: 1842—1847.	Unzuverlässig.
84.	46	9	La Rochelle	Frankreich	— 3	30	0	1,0	1,2	0,3	1,0	1,7	4,0	2,6	2,3	2,4	1,9	1,2	1,4	7,0	14,0	Juni.	8 Jahre: 1782—1789.	
85.	46	4	Fünfkirchen	Ungarn	15	56	465	0,0	0,2	0,2	0,7	2,9	4,1	3,4	2,9	0,8	0,5	0,3	0,1	1,3	14,8	Juni.	14 Jahre: 1819—1832.	
86.	46	4	Trient	Tirol	8	45	552	0,0	0,0	0,4	0,8	2,0	4,7	5,2	4,9	1,8	1,0	0,2	0,1	1,7	19,4	Juli.	17 Jahre: 1816—1832.	
87.	46	3	Udine	Italien	10	54	312	0,03	0,2	0,6	2,5	7,6	10,3	10,4	9,1	5,4	2,5	1,0	0,33	3,86	45,3	Juli.	40 Jahre: 1803—1842.	
88.	45	39	Triest	Illyrien	11	26	74	0,4	0,1	0,8	1,7	2,6	4,3	4,6	4,6	2,0	3,1	1,0	0,5	5,9	19,8	Juli und August.	10 Jahre: 1841—1850.	
89.	45	37	St. Rambert	Frankreich	3	6	960	0,2	0,2	0,5	2,0	3,5	4,0	4,7	4,0	3,3	0,9	0,2	0,0	2,0	21,5	Juli.	6 Jahre: 1838—1843.	
90.	45	28	Mailand	Italien	6	51	453	0,02	0,02	0,42	1,74	3,68	5,75	5,04	4,87	2,34	1,04	0,23	0,50	1,83	23.42	Juni.	50 Jahre: 1801—1850.	
91.	45	24	Padua	„	9	32	90	0,1	0,5	1,2	2,7	5,3	8,5	9,5	7,9	3,6	1,8	0,8	0,2	3,6	37,5	Juli.	12 Jahre: 1781—1792.	
92.	43	18	Marseille	Frankreich	3	2	144	0,0	0,4	0,2	0,2	0,7	1,2	1,0	1,8	1,7	1,3	0,4	0,3	2,6	6,6	August.	9 Jahre: 1783—1789, 1791—1792.	
93.	41	54	Rom	Italien	10	8	160	1,1	1,6	1,7	1,6	3,8	5,3	3,7	5,8	6,4	5,4	3,9	2,1	15,8	26,6	August.	11 Jahre: 1782—1792.	
94.	41	42	Tiflis	Asiatisches Russland	42	30	1500	0,0	0,3	0,7	2,7	12,3	9,2	11,0	10,2	5,3	3,3	0,2	0,0	4,5	50,7	Mai.	6 Jahre: 1846, 1852—1856.	
95.	39	54	Pekin	China	114	9	300	0,0	0,0	0,1	0,7	2,9	8,8	9,0	5,5	3,8	0,6	0,0	0,0	0,7	30,7	Juli.	10 Jahre: 1846—1855.	
96.	39	50 ?	Janina	Albanien	15	40 (?)	. . .	1,2	1,6	1,6	3,1	7,4	5,8	6,6	5,2	3,1	3,7	3,1	2,6	13,8	31,2	Mai.	10 Jahre: 1806—1815.	
97.	39	. .	Maryland	Vereinigte Staaten von Nord-Amerika	— 79	. .	. . .	0	0	5	1	10	8	11	5	0	1	0	0	6	35	Juli.	1 Jahr.	Nicht ausreichend.
98.	38	26	Smyrna	Asiatische Türkei	24	48	. . .	2	4	4	1	1	0	0	0	3	0	1	3	14	5	Februar und März.	1 Jahr.	„ „
99.	37	58	Athen	Griechenland	21	24	. . .	1	0	0,7	0,7	0	2,3	0	0,5	0,5	1,5	1,0	1,0	5,2	4,0	Juni.	3 Jahre: 1840—1842.	„ „
100.	30	2	Cairo	Aegypten	28	55	90	1,0	0,0	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,0	1,0	. . .	2 Jahre: 1835—1836.	„ „
101.	22	35	Calcutta	Hindostan	86	0	. . .	0	4	6	5	7	8	6	10	9	5	0	0	15	45	August.	1 Jahr: 1778.	„ „
102.	13	. .	Abyssinien	Abyssinien	35	. .	. . .	0	0	4	4	6	7	3	6	4	4	0	0	8	30	Juni.	1 Jahr: 1770.	„ „
	S.																							
103.	22	55	Rio Janeiro	Brasilien	— 45	30	. . .	10,2	9,3	4,0	1,7	0,8	0,7	1,3	1,1	2,8	3,7	6,0	9,0	42,2	8,4	Januar.	6 Jahre: 1782—1787.	
104.	34	36	Buenos Ayres	La Plata	— 60	44	. . .	1,9	2,6	2,1	1,8	1,7	1,1	1,3	1,0	2,9	2,3	1,8	2,0	12,7	9,8	Februar und Sept.	7 Jahre.	Aeltere Beobachtungen.

einer grösseren Anzahl Punkten, nach der geographischen Breite der letzteren geordnet, zusammengestellt. Die in dieser Tabelle enthaltenen Zahlen entsprechen nicht alle den eben gestellten Anforderungen, indem bei manchen Zusammenstellungen, die in Zeitschriften etc. sich vorfanden, nur die Zahl der Gewittertage in den einzelnen Monaten, bei anderen aber zu den Gewittererscheinungen auch solche gezählt worden waren, welche nur mit entfernten Gewittern in Zusammenhang stehen. Ich kann daher nur jene als zuverlässig betrachten, welche von Kämtz zusammengestellt worden sind, und die Zuverlässigkeit derjenigen dieser Zahlen beurtheilen, welche ich selbst aus den meteorologischen Tabellen verschiedener Stationen entnommen habe.

Für jede Station habe ich, wenn es mir möglich war, die Höhe über dem Meere und die geographische Länge, diese bezogen auf den Meridian der Sternwarte zu Paris, angegeben. Hiebei wurden die Längen derjenigen Orte, welche östlich von Paris liegen, als positiv angenommen, und ohne Zeichen in die Tabelle eingesetzt; die mit dem Zeichen „—“ versehenen Zahlen bedeuten westliche Längen.

Die Quellen, denen ich die Zahlen über die Gewittervertheilung entnommen habe, wurden unten [2] angegeben.

Ich lasse nun diese Zahlen selbst folgen:

(*Folgt die beigefügte Tabelle.*)

Aus den vorstehenden Zahlen ergibt sich vor allem, dass die grösste Zahl der Gewitter auf den Monat der höchsten Jahrestemperatur fällt. Für die Orte der nördlichen Hemisphäre findet man nämlich, wenn man von den 102 Punkten nur diejenigen berücksichtiget, für welche wenigstens achtjährige Beobachtungen zur Ermittelung ihrer Gewittervertheilung auf das Jahr vorhanden waren, die folgenden Resultate:

Zahl der Stationen.	Monat der grössten Gewitterzahl.
1 (Bergen)	Januar
1 „	Februar
20	Juni
53	Juli
11	August
1 (Sitka)	November
1 (Söndmör)	December

Die einzelnen Orte, welche die grösste Zahl der Gewitter in den Wintermonaten haben, liegen im hohen Norden und zwar an den Westküsten, während Sitka im Laufe des ganzen Jahres entweder nur Regen oder Tage mit starker Bewölkung zählt, der November aber im mehrjährigen Mittel der einzige Monat ist, in welchem dort eine gleichförmige Bedeckung des Himmels nicht stattfindet. Für die übrigen Orte fällt aber entschieden die grösste Zahl der Gewitter auf den wärmsten Monat.

Um über die Kenntniss der Gewittervertheilung weitere Anhaltspunkte zu erhalten, wollen wir die jährliche Zahl der Gewitter mit ihrer Vertheilung auf Winter und Sommer näher betrachten. Ich habe zu diesem Zwecke im Folgenden (Tabelle II) nicht bloss die aus Tabelle I sich ergebenden Resultate zusammengestellt, sondern auch noch andere Orte dabei in Rücksicht gezogen, von welchen die Vertheilung der Gewitter auf die einzelnen Monate mir nicht bekannt war, die mittlere Jahressumme aus mehrjährigen Beobachtungen aber benutzt werden konnte. Zugleich habe ich in Tabelle II die Jahre mit der kleinsten und grössten Gewitterzahl für diejenigen Punkte angegeben, für welche die Gewitterzahlen aller einzelnen Jahre der ganzen Beobachtungsperiode gegeben waren. Die Vertheilung der Gewitter auf die einzelnen Jahreszeiten habe ich, da die meisten Gewitter auf der nördlichen Erdhälfte im Allgemeinen nur in den Monaten April bis September vorkommen, die Zahl der Gewitter im Frühling und Herbst im Allgemeinen geringfügig ist, nicht untersucht, sondern das Vorkommen der Gewitter bloss auf die zwei Jahresperioden: „Winter und Sommer“ beschränkt, wobei ich für die Orte mit nördlicher Breite die Monate October bis März zur ersten, die Monate April bis September zur zweiten Periode gezählt habe, während diese Perioden für die Punkte südlicher Breite die entgegengesetzten sind. Man erhält sohin auf diese Weise die folgenden Resultate der Tabelle II:

Tabelle II.

Ort.	Grösste Zahl der beobachteten Gewitter.	Jahr des Maximums.	Kleinste Zahl der beobachteten Gewitter.	Jahr des Minimums.	Mittlere Jahres-Summe.	Winter-Halbjahr.	Sommer-Halbjahr.
						In Procenten der Jahres-Summe.	
I. Skandinavien.							
Uleåborg [3]	..	..	..	..	*7,3*	..	..
Drontheim	..	..	..	..	*3,9*	*49*	*51*
Söndmör	..	..	..	..	*3,9*	*61*	*39*
Bergen	..	..	..	..	*5,8*	*53*	*47*
Upsala	7	1855	5	1856	*6,0*	*0*	*100*
Spydberg	..	..	..	..	*7,7*	*0*	*100*
Stockholm	..	..	..	..	*9,6*	*0*	100
Skara	..	..	..	..	*9,0*	*0*	*100*
II. Europäisches und asiatisches Russland.							
Archangel, a. [4]	13	1819	4	1814	*7,3*	..	..
„ b.	15	1824	1	1821	*7,3*	..	..
„ (Mittel aus a. und b.)	15	1824	1	1821	*7,3*	..	..
Yakutsk (Jakutzk)	10	1834	2	1837	*4,6*	*0*	*100*
Åbo	..	..	..	..	*10,0*	*0*	*100*
Petersburg, a.	..	..	..	..	*12,4*	*3*	*97*
„ b.	16	1848 1849 1850	5	1852	*12,9*	*0*	*100*
Bogoslowsk	22	1854	8	1855	*15,8*	*0*	*100*
Baltischport	21	1839	5	1844	*9,9*	*0*	*100*
Fellin [5]	25	1829	1	1822	*8,0*	..	..
Catherinenburg	60	1851	22	1856	*37,5*	*0,6*	*99,4*
Kasan	..	..	..	..	*9,0*	..	..
Moskau	..	..	..	..	*22,4*	*0*	*100*
Slaatuste (Zlatuste)	29	1846 1851	12	1856	*19,8*	*0,5*	*99,5*
Gorki	23	1851	13	1852	*16,0*	*1,2*	*98,8*
Orel [6]	24	1844	14	1843	*19,1*	..	..
Barnaul	36	1852	12	1849	*26,8*	*0*	*100*
Irkutsk	..	..	..	..	*8,5*	..	..
Koursk	36	1842	7	1846	*20,2*	1	99
Nertschinsk, a.	..	..	..	..	*3,1*	*0*	*100*
„ b.	38	1854	9	1848	*23,4*	*0*	*100*
Poltava	17	1847	4	1837	*9,4*	*0*	*100*
Lougan	43	1850	18	1846 1848	*29,6*	*2*	*98*
Catherinoslaw	15	1841	3	1839	*8,4*	*3,5*	*96,5*
Odessa	15	1847	0 (?)	1846	*8,6*	*2,3*	97,7
Tiflis	69	1855	52	1853 1854	*55,2*	*8,1*	*91,9*

Ort.	Grösste Zahl der beobachteten Gewitter.	Jahr des Maximums.	Kleinste Zahl der beobachteten Gewitter.	Jahr des Minimums.	Mittlere Jahres-Summe.	Winter-Halbjahr.	Sommer-Halbjahr.
						In Procenten der Jahres-Summe.	
Nowgorod*	26	1855	6	1853	13,8	0	100
Witenewo* (unweit Moskau)	..	..	..	..	26,0	0	100

III. Deutschland und die slavisch-österreichischen Staaten.

Ort.	Grösste Zahl	Jahr des Maximums	Kleinste Zahl	Jahr des Minimums	Mittlere Jahres-Summe	Winter-Halbjahr	Sommer-Halbjahr
Cuxhafen	..	..	..	..	*12,2*	*8,2*	91,8
Hamburg	..	..	..	..	*10,6*	*12,5*	*87,7*
Emden	..	..	..	..	*11,1*	*10,8*	*89,2*
Lüneburg	..	..	..	..	*20,2*	*5*	*95*
Berlin	55	1797	8	1715	*17,2*	*5*	95
Sagan	..	..	..	..	*29,4*	*4*	96
Zappelau	36	1828	11	1819	*25,4*	*2*	*98*
Schneekoppe (Schlesien)[7]	13	1826	0	1825	*9,0*	..	..
Erfurt	..	..	..	..	*13,1*	*0,7*	*99,3*
Prag	34	1828	10	1814	*21,5*	*5*	*95*
Koburg	..	..	..	..	*16,2*	*4*	96
Königgrätz	37	1848	25	1849	*32,5*	5	*97*
Senftenberg	31	1850	17	1851 / 1852	*21,6*	*6*	*94*
Krakau	34	1844	10	1826	*25,4*	*2*	*98*
Bamberg	..	..	..	..	*34,8*	..	..
Trier	28	1787	10	1832	*17,5*	*6*	*94*
Würzburg	(41	1819	12	1818)	*14,1*	*6*	*94*
Mannheim	..	..	..	..	*20,8*	*8*	*92*
Nürnberg	22	1859	10	1858	*14,1*	*1*	*99*
Ansbach	..	..	..	..	*25,6*	*5*	*95*
Brünn[8]	23	1849 / 1850	11	1848	*19,4*	*2*	*98*
Regensburg	40	1828	9	1774	*20,9*	*4*	*96*
Karlsruhe[9]	22	1811	13	1810	*19,2*	*0*	*100*
Stuttgart, a.	37	1827	9	1843	*21,5*	*4*	*96*
Tübingen[10]	..	..	..	..	*14,6*	..	..
Dillingen, a.	..	..	..	..	*12,6*	*3*	*97*
Passau	..	..	..	..	*8,5*	*6*	*94*
Freysing	..	..	..	..	*22,9*	*4*	*96*
Augsburg	..	..	..	..	*22,3*	*4*	*96*
Giengen	..	..	..	..	*21,9*	*3*	*97*
Wien	52	1852	6	1820	*19,3*	*3*	*97*
München, a.	..	..	..	..	*22,7*	*4*	*96*
„ b.	36	1859	*9*	1850	*24,6*	*4*	*96*
Kremsmünster	49	1822	11	1842	*27,0*	*2*	*98*

* Nachträglich aus Kämtz's Repert. d. Meteorol., Dorpat 1859; I. 105.

Ort.	Grösste Zahl der beobachteten Gewitter.	Jahr des Maximums.	Kleinste Zahl der beobachteten Gewitter.	Jahr des Minimums.	Mittlere Jahres-Summe.	Winter-Halbjahr. (In Procenten der Jahres-Summe.)	Sommer-Halbjahr. (In Procenten der Jahres-Summe.)
Andechs	..	..	..	..	27,8	6	94
Salzburg	46	1848	22	1844	33,0	4	96
Hohenpeissenberg, a.	..	..	..	..	23,1	2	98
„ b. [11]	64 55	1797 1822	3	1842	27,0	5	95
Kempten	..	..	..	..	13,0	0	100
Tegernsee, a.	..	..	..	..	22,2	2	98
„ b.	..	..	..	..	37,6	1	99
„ (Mittel aus a. und b.)	..	..	..	..	29,9	1	99
Ofen	..	..	..	..	28,1	2	98
Mittenwald	..	..	..	..	14,6	2	98
Stift Wilden	24	1835	9	1838 1845	15,4	2	98
Sistrans	21	1827	11	1825	15,5	0	100
Gratz	38	1842	24	1845	29,2	4	96
Fünfkirchen	21	1826 1828	7	1830	16,1	9	91
Trient	31	1822	11	1816	21,1	8	92
Triest	40	1847	14	1850	25,7	23	77

IV. Niederlande und Frankreich.

Ort.	Grösste Zahl	Jahr des Max.	Kleinste Zahl	Jahr des Min.	Mittlere Jahres-Summe	Winter-Halbjahr	Sommer-Halbjahr
Leyden	17	1848	5	?	13,4	15	85
Middelburg	..	..	..	..	21,3	12	88
Utrecht [12]	23	1737	5	1740	15,0	..	..
Gent	23	1852	13	1851	18,7	5	95
Mastricht	27	1826	8	1823	16,5	7	93
Brüssel, a.	..	..	..	..	16,1	12	88
„ b.	23	1846	5	1835	14,0	14	86
St. Trond	64	1852	10	1851	32,4	30	70
Lüttich	37	1852	12	1850	18,7	14	86
Namur	57	1852	14	1851	26,3	27	73
Stavelot	..	..	..	..	20,2	9	91
La Chapelle	23	1828	6	1828	15,7	22	78
Cherburg [13]	..	..	..	..	4,4	26	74
Paris	25	1811	6	1823	13,6	9	91
Strassburg [14]	21	1831	6	1818	17,0	..	..
Denainvilliers	37	1769	15	1765	20,6	8	92
Viviers	35	1811	14	1814	24,7	14	86
La Rochelle	..	..	..	..	21,0	50	50
St. Rambert	36	1842	21	1841	23,5	9	91
Toulouse [15]	24	1788	4	1784	15,4	..	..
Marseille	..	..	..	..	9,2	28	72

Ort.	Grösste Zahl der beobachteten Gewitter.	Jahr des Maximums.	Kleinste Zahl der beobachteten Gewitter.	Jahr des Minimums.	Mittlere Jahres-Summe.	Winter-Halbjahr. (In Procenten der Jahres-Summe.)	Sommer-Halbjahr. (In Procenten der Jahres-Summe.)
V. Schweiz, Italien, europäische und aussereuropäische Türkei und Griechenland.							
Zürich	..	..	..	..	21,9	15	85
Hundwil	..	..	..	..	14,8	3	97
Bevers [16]	..	..	..	..	4,0	0	100
Bern, b.	..	..	..	..	27,2	7	93
Udine	66	1837	31	1817	49,2	8	92
Mailand	43	1827	0 8	1804–1805 1832	25,5	7	93
Padua	..	..	..	..	41,1	9	91
Janina	..	..	..	..	45,0	37	63
Rom	..	..	..	..	42,4	37	63
Smyrna	..	..	..	..	19	..	..
Athen [17]	(18	1834)	(7	1835)	9,2 (11)	58	42
Cairo	..	..	..	..	5,0	67	33
Basel *	21	1851 1852	11	1857	17,0	..	..
VI. Grossbrittanien und Nord-Amerika.							
London	13	1809	5	1819	8,3	12	88
Polpero (Ostküste v. Cornwall) [18]	..	..	..	..	10	..	..
Sitka	4	1849	0	1848 1853 1854	1,5	80	20
Quebec	..	..	..	..	23,3	3	97
Maryland	..	..	..	..	41	14	86
Insel Guadeloupe [19]	..	..	..	..	37	..	..
Insel Martinique [20]	..	..	..	..	39	..	..
VII. Asien und Afrika.							
Pekin	53	1853	11	1847	31,4	2	98
Patna [21]	..	..	..	..	53	..	..
Calcutta	..	..	..	..	60	25	75
Abyssinien	..	..	..	..	38	27	73
Capstadt (Südafrika) **	..	..	..	..	13	..	..
Pieter-Moritzburg (Südafrika) **	..	..	..	..	32	..	..
VIII. Süd-Amerika.							
Rio Janeiro	77	1782	38	1786	50,6	17	83
Buenos-Ayres	..	..	..	..	22,5	44	56

* Nachträglich aus d. Verh. d. naturf. Gesellsch. zu Basel, II. 342, wo die mittleren Resultate über Gewitteraufzeichnungen aus den Jahren 1849 bis 1858, sodann aus der Periode 1829 bis 1858 von P. Merian zusammengestellt sich finden.

** Nachträglich aus Petermann's geogr. Mitth. J. 1858, p. 42.

§. 47. Folgerungen, welche aus den obigen Zusammenstellungen gezogen werden dürfen.

Betrachtet man die hier vorgeführten Zahlen, so findet man sogleich, dass bezüglich der jährlichen Anzahl der Gewitter selbst Orte, die in nicht grossen Entfernungen von einander liegen, sich bedeutend von einander unterscheiden können. Obgleich die Zahl der Beobachtungen für viele dieser Punkte noch nicht ausreicht, um die ihnen angehörende normale Gewitterzahl daraus bestimmen zu können, und ausserdem die Gleichförmigkeit in der Art und Weise, wie die Aufzeichnungen an verschiedenen Orten gemacht worden sind, noch Manches zu wünschen übrig lässt, so lassen sich dennoch aus den bisherigen Resultaten einige Folgerungen ziehen, die von den eben genannten Umständen unabhängig sind.

Vor allem wollen wir jene Resultate vereinigen, welche sich auf eine grössere Anzahl von Punkten beziehen, und die Vertheilung der Gewitter daher für Europa allein und die angrenzenden Continente zu bestimmen suchen. Man erhält sodann Folgendes:

		Mittlere jährliche Gewitterzahl.	Winter. (In Procenten der Jahres-Summe.)	Sommer.
I.	Skandinavien	6,7	23,3	76,7
II.	Russland	16,9	1,2	98,8
III.	Mittel-Europa	20,4	4,6	95,4
IV.	Niederland und Frankreich	18,1	17,2	82,8
V.	Schweiz (für 3 Punkte)	21,3	8,3	91,7
VI.	Italien und Türkei	40,6	19,6	80,4

Hieraus geht also hervor, dass die Zahl der jährlichen Gewitter überhaupt von Ost gegen West hin auf dem Continente zunimmt, dass dieselbe in Mittel-Europa am grössten ist, gegen die westlichen Meeresküsten hin aber wieder abnimmt. Ferner zeigt es sich, dass die Zahl der Wintergewitter mit der Entfernung von den Küsten immer geringer wird, und dass überhaupt die Wintergewitter eigentlich nur in der Nähe des Meeres vorkommen, im Innern des Continentes aber zu den seltenen Erscheinungen gehören. Jedoch ist in Europa im Allgemeinen die Zahl der Sommergewitter vorherrschend gegen die der Wintergewitter. Ausserdem geht aus den Resultaten der Tabelle I hervor, dass die Gewitter im Sommer vom April an bis zum Juli zunehmen, von hier an bis zum September aber im Allgemeinen in grösserer Zahl auftreten, als in den Frühlingsmonaten.

Um die Vertheilung der Gewitter von Nord nach Süd sicherer beurtheilen zu können, als diess mittelst der letzten Resultate geschehen kann, wollen wir die in Tabelle I enthaltenen Angaben nach Zonen zusammenstellen, und zwar soll diess, weil die Zahl der Stationen für die nördlichen und südlichen Zonen sehr gering ist, in folgender Weise geschehen:

	Jährliche Gewitterzahl.
Zone zwischen 65 und 60° n. Breite	6,1 [7]
„ „ 60 „ 57½ „ „	9,8 [8]
„ „ 57½ „ 55 „ „	18,0 [5]
„ „ 55 „ 52½ „ „	16,7 [8]

	Jährliche Gewitterzahl.
Zone zwischen $52\frac{1}{2}$ und 50° n. Breite	19,0 [24]
„ „ 50 „ $47\frac{1}{2}$ „ „	19,6 [35]
„ „ $47\frac{1}{2}$ „ 45 „ „	23,5 [18]
„ „ 45 „ 40 „ „	30,1 [5]
Unter 40° „ „	48,0 [6]

Eine gesetzmässige Zunahme der Gewitter von Grad zu Grad, wenn man von Nord nach Süd hin die Vertheilung der Gewitter betrachtet, lässt sich, wie man aus diesen Zahlen sieht, aus den Resultaten des vorliegenden Beobachtungsmateriales nicht ermitteln. — Betrachtet man die Vertheilung auf die Zonen von je 5° Breitendifferenz, so ergeben sich die nachstehenden Zahlen:

	Jährliche Zahl der Gewitter.
Zone zwischen 65 und 60° n. Breite	6,1 [7]
„ „ 60 „ 55 „ „	13,0 [13]
„ „ 55 „ 50 „ „	18,0 [31]
„ „ 50 „ 45 „ „	21,5 [53]
„ „ 45 „ 40 „ „	30,0 [5]
Unter 40° „ „	48,0 [6]

(Die den Gewitterzahlen beigefügten Exponenten bedeuten die Zahl der Beobachtungen, aus denen jene ermittelt worden sind.)

Diese Ergebnisse geben nun unter Anderem zu erkennen, dass die Gewitter ausserhalb des 60. Grades nördl. Breite nur selten vorkommen, dass ihre Zunahme bis zum 50. Grade fast regelmässig zu erfolgen, innerhalb des Gürtels zwischen 55° und 45° nahezu die Vertheilung der Gewitter dieselbe zu bleiben scheint, hingegen von hier aus gegen den Aequator hin wieder die Häufigkeit dieser Phänomene rasch zunimmt.

Ob es eine Grenze ausserhalb des 65. Grades nördlicher Breite gibt, bei welcher die Gewittererscheinungen ganz und gar verschwinden, möchte schwer zu ermitteln sein, wenigstens reichen hiefür die Beobachtungen weniger Jahre nicht aus. Dass übrigens die Bedingungen zur Gewitterbildung selbst an Orten, für welche man diese Erscheinungen nicht mehr vermuthete, zuweilen — wenn auch selten — auftreten können, hat v. Bär für mehrere Orte innerhalb des nördlichen Polarkreises nachgewiesen [22]. So erinnert er an solche Ereignisse, die von Olafsen und Povelsen [23] erzählt werden, und wonach es „im ganzen Laufe des Sommers von 1718 im nördlichen Island mit entsetzlichen Blitzen donnerte“, wobei sogar am 11. Juni beim Gute Briamsnäs, unweit des Sees Myvatn, „ein Mann vom Blitz erschlagen wurde, ein junges Mädchen, dicht bei diesem Mann, niedergeworfen und drei Reiter von ihren Pferden gestürzt“ wurden. Nach denselben Beobachtern, von denen der eine ein geborner Isländer, der andere ein auf der Insel ansässiger Arzt war, sollen die Blitze auf dem nördlichen Theile der Insel häufig wahrgenommen, und von Zeit zu Zeit Donner gehört werden, während im westlichen Theile der Insel seltener Gewitter wahrgenommen, „und nur der Donner in der Ferne“ gehört werde, hingegen im südlichen Theile von Island die Gewitter häufiger sein sollen, und sogar zuweilen Unheil herbeiführen. Die Kathedrale von Skalholt brannte zweimal in Folge von Blitzschlägen ab. Im Jahre 1634 entzündete der Blitz den Dachstuhl

der Häuser, die zur grösseren Pfarrwohnung von Brodretunge zwischen Skalholt und dem Hekla gehören. Nach ANDERSON[24] und den oben genannten Forschern soll auf Island, besonders in den südlichen Theilen, der Donner nur im Winter gehört werden, was v. BÄR in Zweifel stellt. — Ebenso finden sich weiter nördlich in Europa (für Uleåberg und Archangel sind solche ohnehin schon oben angeführt worden) noch Gewittererscheinungen, wie diess von SCHRENK erzählt wurde, der am 15. Juni 1837 am Ufer des Flusses Rotschuga ($65\frac{1}{2}{}^0$ n. Br.) ein Gewitter in SO., am 20. Juni am Ufer des Flusses Sylma (unter derselben Breite) heftigen Donner während eines Regens hörte, am 29. Juli unter 68^0 n. Breite in einer jener baumlosen Wüsten, die man in Russland Tundras nennt, von einem heftigen Gewitter erreicht wurde, und am 2. August desselben Jahres unter 69^0 n. Br. Blitze wahrgenommen hatte. BÄR und LEHMANN haben am 23. Juni 1837 im russischen Lappland etwa unter 67^0 n. Br. ein dreistündiges Gewitter beobachtet, das beiläufig unter 68^0 n. Br. sich ereignet haben soll. — In seiner weiteren Betrachtung bemerkt BÄR, dass der russische Kapitän REINEKE während seiner Vermessungsarbeiten an den Küsten des weissen Meeres und des russischen Lapplandes im Laufe des Sommers 1826 unter 69^0 bis 70^0 n. Br. acht Gewitter beobachtet habe, ferner dass WEGELIUS im Jahre 1708 zu Utsïoki drei Mal donnern hörte[25]. Selbst mitten auf dem Polarmeere habe der russische Admiral WRANGELL im Nordosten Sibiriens ein Gewitter beobachtet. BÄR und ZIWOLKA haben am 27. August 1837 mitten auf Nowaja-Semlja, d. h. an der Westmündung der Meerenge Matotschkin-Schar, unter $73^0\,10'$ ein Gewitter beobachtet. Auch RAKHMANINE, der 2 Sommer und 26 Winter in dem südlichen Theile von Nowaja-Semlja, unter 71 bis $73\frac{1}{4}{}^0$ Br. sich aufhielt, hörte drei Mal den Donner. Endlich soll, nach BÄR's Angabe, auf Spitzbergen, sogar jenseits des 75sten Breitengrades ein Gewitter beobachtet worden sein. —

Was die Abhängigkeit der Frequenz der Gewitter von der Höhe über dem Meere betrifft, so lassen sich aus den vorliegenden Resultaten hierüber keine Folgerungen ziehen. Uebrigens möchte diese Frage mit der über die Höhe der Gewitterwolken an verschiedenen Orten in Zusammenhang stehen, worüber wir schon bei einer anderen Gelegenheit (siehe S. 43) Erwähnung gemacht haben.

§. 48. Periodicität der Gewitter.

Von weiterem Interesse dürfte es sein, zu untersuchen, ob das Auftreten der Gewittererscheinungen in gewissen Perioden stattfindet. Schon oben wurde erwähnt, dass die Gewitterbeobachtungen derjenigen Orte, die sich auf längere Zeitabschnitte erstrecken, eine ganz bestimmte jährliche Periode erkennen lassen, vermöge welcher das Gewitter im Laufe eines jeden Jahres vom Winter zum Sommer zunimmt, ein Maximum erreicht, sodann wieder abnimmt, und dass selbst die Wintergewitter einen gewissen Grad von Regelmässigkeit in ihrem Auftreten noch erkennen lassen dürften.

Nicht unerwähnt kann ich ferner lassen, dass wenn man die Gewitterzahlen einzelner Jahrgänge solcher Orte näher betrachtet, wo die Aufzeichnungen

nach einem zweckmässigen Systeme geschehen, eine Thatsache in die Augen fällt, die wir wenigstens nicht mit Stillschweigen übergehen dürfen. Um hierauf aufmerksam machen zu können, habe ich in der folgenden Tabelle für mehrere Punkte (Tabelle III) die Abweichungen der Frequenz in einzelnen auf einander folgenden Jahren von ihrem mittleren normalen Werthe, wie er sich aus den vorhandenen mehrjährigen Beobachtungen ergibt, zusammengestellt. Hiebei wurden die Differenzen aus der Anzahl der Gewitter der einzelnen Jahre und der normalen Gewitterzahl ohne oder mit dem Zeichen „—" bezeichnet, je nachdem diese kleiner oder grösser als jene sich zeigte.

Tabelle III.

Ort.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.	1853.	1854.	1855.	1856.	1857.	1858.	1859.
Petersburg	..	..	4,3	2,1	3,1	3,1	3,1	3,1	—7,9	—1,9	— 3,9	— 1,9	— 4,9	..	..	..
Bogoslowsk	..	..	— 7,8	3,0	— 1,8	— 2,8	— 0,8	7,2	0,2	1,2	6,2	— 7,8	— 1,8	..	..	..
Catherinenburg	..	..	7,5	5,5	—10,5	2,5	— 3,5	22,5	1,5	—7,5	4,5	—14,5	—15,5	..	..	..
Slaatouste	..	..	9,2	— 2,8	— 0,8	— 4,8	— 6,8	9,2	8,2	0,2	4,2	0,2	— 7,8	..	..	..
Gorki	..	..	— 2,0	— 2,0	— 2,0	1,0	— 2,0	7,0	—3,0	2,0	2,0	..	..	..	..	..
Barnaul	..	..	1,2	0,2	2,2	—14,8	4,2	1,2	9,1	—4,8	0,2	6,2	— 4,8	..	..	..
Nertschinsk	..	..	..	1,6	—14,4	— 3,4	— 0,4	—1,6	—3,4	0,6	14,6	9,6	4,6	..	..	..
Lougan	..	..	—11,6	— 1,6	—11,6	— 3,6	13,4	4,4	8,2	—0,6	1,4	6,4	— 4,6	..	..	..
Pekin	..	..	— 1,4	—20,4	—17,4	—14,4	— 8,4	9,6	0,6	21,6	10,6	18,6	..	..	..	..
Prag	5,7	2,7	— 1,3	— 9,3	— 1,3	— 0,3	4,7	—4,3	..	..	..	..	..	..	..	..
Krakau	11,0	8,0	2,6	1,6	0,6	— 3,0	1,6	14,6	5,6	..	..	..	..	..	..	..
Trier	— 2,2	3,8	— 0,2	2,8	2,8	4,8	— 2,2	—4,2	8,8	2,8	— 0,2	4,8	..	..	..	..
Stuttgart	— 5,3	—7,3	0,7	— 4,3	— 0,3	— 9,3	— 1,3	6,7	13,7	—6,3	— 1,3	..	..	..	..	..
Wien	17,7	11,7	15,7	0,7	8,7	14,7	4,7	7,7	—0,3	..	..	..	..	..	..	..
München	3,5	10,4	4,4	— 9,6	2,4	— 5,6	—15,6	—7,6	—5,6	—0,6	— 1,6	— 3,6	8,4	13,4	5,4	11,4
Kremsmünster	— 4,3	—1,3	1,0	0,0	2,0	— 2,0	— 4,0	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Salzburg	—11,0	—3,0	6,0	3,0	13,0	— 7,0	— 2,0	9,0	3,0	..	..	..	..	..	..	..
Hohenpeissenberg	0,0	—5,2	— 2,2	1,8	7,8	— 3,2	—20,2	—3,2	—0,2	—4,2	—11,2	— 3,2	0,8	3,8	5,8	11,8
Triest	5,3	1,3	13,3	14,3	1,3	— 3,7	—12,9	—9,7	—2,7	..	..	..	..	..	..	..
Brüssel	5,3	5,3	9,3	— 0,7	— 2,7	1,3	0,3	1,3	7,3	2,3	— 2,7	— 3,7	..	..	..	..
Mailand	— 9,2	3,2	0,7	— 4,3	—12,3	— 4,3	0,7	..	..	..	..	..	..	..	..	..

Die vorstehenden Zahlen können zwar nicht dazu benutzt werden, um daraus sichere Anhaltspunkte über die periodische Verbreitung der Gewittererscheinungen abzuleiten, da bei den meisten derselben die Unsicherheit der Beobachtungen der einzelnen Jahre viel zu gross ist, um auf dieselben weitere Schlüsse basiren zu dürfen. Mehrere sind unter den hier verzeichneten Stationen, wo die jährlichen Gewitterzahlen als zu gross betrachtet werden müssen, weil nicht bloss die gleichzeitig stattgehabten Erscheinungen von Blitz und Donner oder von wirklich eingetretenen Gewittern, sondern auch die dort wahrgenommenen Blitzeserscheinungen als Gewitter aufgezeichnet worden sind, während bei anderen Stationen manche der im Laufe der Sommermonate stattgehabten Gewitter der Beobachtung entgangen zu sein scheinen. Aber dennoch kann nicht in Abrede gestellt werden, dass wenigstens für die meisten dieser Orte sowohl die positiven Abweichungen, als auch die negativen eine gewisse Dauer zu haben scheinen, indem im Allgemeinen, wie aus den obigen Zahlen ersichtlich ist, eine Anzahl von aufeinander folgenden Jahren eine grössere Zahl, eine weitere Reihe von Jahren andauernd eine geringere Anzahl von Gewittern, als die normale, oder die mehrjährige zeigt. So z. B. sind für Petersburg die Abweichungen der Jahre 1846 bis 1851 sämmtlich positiv, von 1852 bis 1856 aber sämmtlich negativ; fast Aehnliches findet man für Bogoslowsk, jedoch erscheinen die positiven und negativen Abweichungen dieser beiden Punkte im Allgemeinen nicht zu gleichen Perioden, was auch bei den übrigen russischen Stationen, die hier verzeichnet sind, sich herausstellt. In ähnlicher Weise scheint ein periodisches Auftreten oder Zurückbleiben der Gewitter aus den in systematischer Weise stattgehabten Aufzeichnungen für München und Hohenpeissenberg hervorzugehen.

Eine Erklärung für diese Erscheinung, wenn sie auch wirklich mit Sicherheit aus den Zahlen der Tabelle III hervortreten würde, zu geben, kann jetzt nicht gewagt werden, da die Umstände gegenwärtig hiefür noch viel zu ungünstig und unsicher sind. Vor allem sind nämlich die eigentlichen normalen Mittel nur für eine geringe Zahl der hier in Betracht gekommenen Stationen als sicher anzusehen, da, wie es scheint, zehn- und selbst zwanzigjährige Beobachtungen für manche Orte nicht ausreichen, um ihre mittlere Gewitterzahl mit Sicherheit bestimmen zu können. Auf diese Bestimmungen haben nämlich unter Anderem die lokalen Einwirkungen insbesondere einen bedeutenden Einfluss, die bei keiner der atmosphärischen Erscheinungen so mächtig hervortreten, wie bei den Gewittern, weshalb wir es für nothwendig halten, später diesen Umstand noch einer kurzen Erwägung zu unterziehen. Ausserdem liegt aber, wie oben schon erwähnt, ein grosser Grad von Unsicherheit in der Art und Weise selbst, wie die Beobachtungen erhalten wurden.

Ob eine solche Periodicität in der Vertheilung der Gewitter, wie man sie fast vermuthen möchte, die aber auszusprechen als gewagt erscheinen müsste, vorhanden ist, müsste auch aus den langjährigen Beobachtungen einzelner Orte, wenn man diese in passender Weise gruppirt, einigermassen ersichtlich sein.

Die Beobachtungen zu Hohenpeissenberg umfassen bis jetzt einen Zeitabschnitt von 63 Jahren (wenn man von den älteren Beobachtungen dabei ab-

sieht); diese Beobachtungsperiode erstreckt sich nämlich auf die Jahre 1792 bis 1859, unter welchen aber die Jahrgänge 1793, 1799, 1811, 1812 und 1817 fehlen. Gruppirt man dieselben in Zeitabschnitte von je *9* Jahren, so erhält man für Hohenpeissenberg die folgenden Gewittersummen und Mittel dieser einzelnen Perioden:

	Summe der Gewitter.	Mittlere Jahressumme.	Abweichungen vom 63jährigen Mittel.
Periode von 1792—1802	*342*	*38,0*	+ 11
„ „ 1802—1813	*311*	*34,5*	+ 7,5
„ „ 1814—1823	*295*	*32,8*	+ 5,8
„ „ 1824—1832	*211*	*23,5*	— 3,5
„ „ 1833—1841	*131*	*14,6*	— 12,4
„ „ 1842—1850	*179*	*19,9*	— 7,1
„ „ 1851—1859	*235*	*26,1*	— 0,9

Die vorstehenden Resultate zeigen, dass unter sonst gleichgebliebenen Umständen die Anzahl der Gewitter auf dem Hohenpeissenberg von einer hier nicht angebbaren Zeit (und wie aus dem älteren Jahresmittel für 1781—1792 zu 23,1 hervorzugehen scheint, vom Beginne des letzten Decenniums des vorigen Jahrhunderts) an abgenommen, und ihr Minimum in der fünften der obigen Zeitperioden erreicht, während von da an wieder die Häufigkeit der Gewitter zugenommen hat, und (wie auch selbst die Tabelle III beiläufig zeigt) die Zunahme (unter allerdings nicht unbedeutenden Schwankungen) noch jetzt stattzuhaben scheint.

Für andere Punkte, aus welchen langjährige Beobachtungen bekannt waren, haben solche Ermittelungen zu keinem zureichenden Resultate geführt. Wenn man z. B. die Gewitterbeobachtungen aus Mailand und Prag zusammenstellt, so ergibt sich

	Mailand.		Prag.	
	Summe.	Mittel.	Summe.	Mittel.
Periode 1806—1814	262	29,1	153	17,0
„ 1815—1823	290	32,2	212	23,6
„ 1824—1832	223	24,8	240	26,7
„ 1833—1841	195	21,7	205	22,8
„ 1842—1850	185	20,6	179	19,9

Hiebei zeigt allerdings Mailand eine andauernde Abnahme der Gewitter während aller dieser Zeitperioden, während für Prag weder eine dauernde Zunoch eine solche Abnahme sich erkennen lässt. — Die neueren Beobachtungen für München, die sich aber nur auf 18 Jahre erstrecken, geben für

die Jahre 1842—1850 201 Gewitter,
„ „ 1851—1859 241 „

lassen also ebenfalls eine Zunahme in der letzten Periode erkennen.

Wenn nun auch auf eine vieljährige Periodicität in der Häufigkeit der Gewittererscheinungen geschlossen werden wollte, so liesse sich doch in keinem Falle die Dauer einer solchen muthmasslichen Periode aus den bisher bekannt gewordenen Beobachtungsreihen ermitteln. Uebrigens wollen wir aus diesen

Betrachtungen keine bestimmten Resultate ziehen, sondern nur die Thatsache einstweilen im Auge behalten, dass auf die im Laufe der Zeit etwa eintretende Veränderung der Häufigkeit der Gewitter in verschiedenen Gegenden der Erdoberfläche, wenn man wirklich eine derartige periodische Veränderung annehmen wollte, nur eine und dieselbe Ursache einwirken müsste, und zwar müsste nach meinem Bedünken die Quelle der Veränderung von der Art und Weise der Bedeckung der Oberfläche der Erde selbst ganz unabhängig wirken.

So dunkel uns nun diese Vertheilungsweise der Gewittererscheinungen noch erscheint, so sind wir dennoch, wenn wir auch durch die vorstehenden Erörterungen auf keine Resultate gekommen sind, berechtiget, die folgenden Fragen zu stellen, und zwar: „Findet ein periodisches vieljähriges Zu- und Abnehmen in der Häufigkeit der Gewitter statt?" — „Treten solche muthmassliche periodische Aenderungen an allen Orten der Erde gleichzeitig und in ähnlicher Weise ein, oder kann man an einzelnen Theilen der Erdoberfläche ein periodisches Zunehmen, und während desselben Zeitabschnittes an anderen Theilen der Erde ein Abnehmen der Gewitter nachweisen?" — „Findet ein etwaiges periodisches Zu- und Abnehmen der Häufigkeit der Gewitter in den östlichen Theilen der Erde statt, während gleichzeitig ein solches Ab- und Zunehmen im Westen eintritt etc., oder findet eine Anhäufung der Gewitter im Norden statt, während sich zu gleichen Perioden eine Abnahme in den Aequatorialgegenden zeigt?" — „Welche Erscheinungen lassen sich in diesen eben genannten Beziehungen feststellen, wenn man die Häufigkeit der Gewitter auf der nördlichen Hälfte der Erde mit der Frequenz dieser Erscheinungen und ihrem periodischen Auftreten auf der südlichen Halbkugel vergleicht?" — „Zu welchen Schlüssen berechtigen uns diese und andere Erfahrungen bezüglich des Sitzes der Elektricitätsquelle für die Gewitter? Sind diese Erfahrungen ausreichend, um mit Bestimmtheit annehmen zu dürfen, dass die in den Wolken auftretenden Gewittererscheinungen das Material hiefür von der Erdoberfläche empfangen? Welche Vorstellungsweise erscheint im letzteren Falle am naturgemässesten, um die Wandelbarkeit der Elektricität und ihre periodische, sowie ihre nicht-periodische Vertheilungsweise auf dem Erdballe erklären zu können? Ist es zulässig oder nicht, dabei auch kosmische Einflüsse als einwirkend anzunehmen?" —

Ich hielt es für nothwendig, das Ziel, welches im Allgemeinen bei Untersuchungen über das Gewitter erreichbar, die unabhängig von dem Gange anderer meteorologischer Erscheinungen geführt werden sollen, im Voraus andeutungsweise zu bezeichnen, um ersehen zu können, wie weit unsere Betrachtungen hier zu führen sein dürften, und wo wir hingegen dieselben einstweilen (als unerledigt) abschliessen müssen.

Während wir über den jährlichen Gang der Gewitter durch das vorliegende Material einigen Aufschluss erhielten, ferner zu der Vermuthung einer periodischen Wiederkehr der Häufigkeit von Gewittererscheinungen nicht unberechtiget sind, so fragt es sich weiter, ob die aus vieljährigen Beobachtungen sich ergebenden Resultate über den täglichen Gang der Gewitter einige besondere charakteristische Merkmale zeigen. Zur Beantwortung dieser Frage benutze ich die über diesen Gegenstand von Fritsch vorgenommenen Erörterungen [26].

Für seine Untersuchungen stellte Fritsch die 28jährigen Gewitterbeobachtungen zu Prag (1817 bis 1827 und 1834 bis 1850), sowie die Beobachtungsreihen über Gewitter aus Kremsmünster für 34 Jahre (1817 bis 1850) in der Art zusammen, dass die Gewitter, wie sie während der genannten Zeitabschnitte, und selbst die entfernten Erscheinungen dieser Art auf die einzelnen Stunden des Tages vertheilt erhalten wurden.

Diese Zusammenstellungen zeigten nun vor allem, dass bei weitem die meisten Gewitter in der Tageshälfte von Mittag bis gegen Mitternacht zusammengedrängt sind, die Gewitter in den Morgenstunden aber sehr selten vorkommen, was mit den Ergebnissen der gewöhnlichen Erfahrung übereinstimmt.

Für die eigentlichen Gewittermonate April mit September wurden nämlich die folgenden Resultate erhalten:

1. Für Prag.

	Mitternacht.	1h M.	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h A.
April	2	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	3	*5*	3	4	3	4	3	*7*	4	3	3
Mai	5	..	2	..	..	1	1	..	2	1	..	3	6	5	11	14	*21*	14	10	7	*16*	14	12	5
Juni	8	2	1	1	1	..	..	..	..	..	2	5	7	11	16	14	15	*24*	17	16	14	*22*	12	12
Juli	5	4	3	4	..	..	1	3	1	2	1	6	10	9	11	22	22	*26*	13	13	14	*25*	17	7
August	7	1	1	..	2	1	2	1	..	..	1	3	3	6	9	*14*	11	12	11	9	12	*16*	12	9
September	1	..	1	1	..	1	1	..	1	..	..	..	..	..	*4*	1	..	3	6	10	*12*	4	3	1

2. Für Kremsmünster.

	Mitternacht.	1h M.	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h A.
April	4	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	3	7	9	10	*11*	8	7	5	*6*	5	1	5
Mai	8	2	2	2	2	..	..	..	..	1	1	2	12	16	21	*30*	25	28	10	12	*19*	15	10	9
Juni	8	1	..	2	3	1	2	..	..	4	3	6	15	22	33	*42*	39	39	18	26	25	*32*	15	8
Juli	15	7	2	..	3	2	..	2	..	3	6	3	5	18	25	*36*	24	24	17	18	*35*	32	26	18
August	9	5	4	..	1	..	1	..	3	3	2	1	8	11	12	28	*31*	24	17	34	31	*35*	19	14
Septembeer	6	2	1	2	2	2	..	..	..	..	..	..	5	4	7	1	5	8	7	*21*	*21*	9	9	4
Gesammtsumme für Prag	29	8	8	6	3	4	5	5	4	3	5	17	27	34	56	69	74	*84*	76	61	77	*87*	71	38
Gesammtsumme für Kremsmünster	52	19	10	7	12	6	3	2	4	11	12	14	48	79	111	*150*	139	139	81	128	*146*	134	83	61

Aus diesen Tabellen sind für jeden Monat zwei tägliche Maxima zu erkennen. Man hat nämlich für den Eintritt des

	I. Maximums: Prag.	I. Maximums: Kremsmünster.	II. Maximums: Prag.	II. Maximums: Kremsmünster,
April	2h A.	4h A.	8h A.	8h A.
Mai	4 „	3 „	8 „	8 „
Juni	5 „	4 „	9 „	9 „
Juli	5 „	3 „	9 „	8 „
August	3 „	4 „	9 „	9 „
September	2 „	2 „	8 „	8 „

Diese Zahlen geben uns also an, zu welchen Tageszeiten die Gewitterausbrüche, die wirklichen Entladungen nämlich, insbesondere erfolgen, oder welche Tageszeiten diesen Entladungen vorzüglich günstig zu sein scheinen. Die Stunden der sogenannten Maxima, von denen hier die Rede ist, fallen theils auf die Zeiten, in welchen nahezu die höchste Tagestemperatur stattfindet, theilweise aber auf Abendstunden. FRITSCH sucht die Erscheinungen zu erklären, indem er die Wendepunkte der gewöhnlichen meteorologischen Elemente, wie sie aus langjährigen Mitteln für Prag sich ergeben, mit den hier für die Gewitter gefundenen Resultaten vergleicht. Als Hauptergebniss findet er, dass die Gewitter sich mit zunehmender Temperatur vermehren, mit abnehmender aber abnehmen; sie vermehren sich also, wenn Luftdruck und Feuchtigkeit abnehmen, und umgekehrt. Es sei diess die Folge des aufsteigenden Luftstromes, welcher seiner Intensität nach einer ganz ähnlichen täglichen Veränderung unterliege, wie die Frequenz der Gewitter.

Was die beiden Maxima der täglichen Gewittervertheilung betreffe, so soll das Eintreten des ersten Maximums durch plötzliche Vermischung kalter und warmer vertikaler Luftströmungen, das zweite aber durch plötzliches Ineinandergreifen kalter und warmer Horizontalströmungen, wobei erstere ihren Dampfgehalt durch plötzlichen Niederschlag einbüssen, zu erklären sein.

Diese Erklärungsweise mag wohl auf den Akt der Entladung der Gewitterwolken passen, aber nicht auf die Entstehung der Gewitter selbst, indem hierdurch nicht erklärt ist, wie die Elektricität, die hier Ausgleichungserscheinungen bewirkt, in die Wolken gelangt. Ebenso wenig scheint mir die Erklärung ausreichend zu sein, um zu zeigen, dass die häufigsten Entladungen gerade zwischen 2^h und 4^h Ab., dann um 8^h und 9^h Ab. erfolgen. Bei seinen Erörterungen benutzt FRITSCH den normalen Gang der meteorologischen Elemente, und vergleicht, wie bereits erwähnt wurde, sowohl die Eintrittsstunden der Maxima und Minima, als auch die Epochen der mittleren Stände des Luftdruckes, der Temperatur und Feuchtigkeit mit jenen der Gewitter. Ich glaube, dass es für den vorliegenden Zweck auch nicht überflüssig sein dürfte, um die Eintrittszeiten der Gewitterentladungen — die von der Entstehung der Gewitter selbst unabhängig zu sein scheinen — genügend zu erklären, die an den Gewittertagen selbst angestellten meteorologischen Beobachtungen bei diesen Erörterungen mit in Rücksicht zu bringen, und den mittleren Gang der Strömungen, sowie die Eintrittszeiten der letzteren mit den Stunden der Gewitterausbrüche etc. in Beziehung zu setzen.

Uebrigens scheint FRITSCH selbst den Gegenstand nicht als abgeschlossen betrachten zu wollen, indem er erwähnt, dass die Anomalien der täglichen Gewittervertheilung sowohl für Prag, als Kremsmünster einigen Zweifel zulassen, ob das II. Maximum der Vertheilung wirklich bestehe oder nur in der geringen Zahl der Beobachtungen den Grund habe. — Diese Arbeit, die mit der bekannten Gründlichkeit ihres Verfassers durchgeführt ist, gibt uns wenigstens über eine der vielen dunklen Stellen, welche bezüglich der Erklärung der Gewittererscheinungen noch vorhanden sind, den Aufschluss, dass eine gewisse Gesetzmässigkeit, ebenso wie im jährlichen Gange, auch im täglichen Verlaufe

der Gewittererscheinungen wirklich vorhanden ist, und es ist selbst schon durch dieses einzige Resultat die aufopfernde Mühe, welche derlei Untersuchungen in Anspruch nehmen, einigermassen belohnt.

§. 49. Abhängigkeit der Gewittererscheinungen von Lokal-Einflüssen.

Wenn wir die in Tabelle II und Tabelle III enthaltenen Zahlen näher betrachten, so finden wir, dass die Frequenz der Gewittererscheinungen selbst an einem und demselben Orte sehr veränderlich ist. So finden wir z. B. für Hohenpeissenberg die Zahl der Gewitter im Jahre 1797 zu *64*, im Jahre 1805 nur deren *17*, im Jahre 1808 wieder bis zu *62* zu-, im Jahre 1814 bis zu *16* abgenommen, und diese Abnahme zeigt sich hier in manchen Jahren von solcher Grösse, dass die Jahre 1841 und 1842 beziehungsweise nur *4* und *5* Gewitter aufzuweisen hatten. Derlei Störungen können sich entweder auf eine grössere Strecke verbreiten, oder sie können selbst nur auf eine Gegend von geringer Ausdehnung beschränkt bleiben. Es geht diess deutlich aus den in Tabelle III (Seite 227) enthaltenen Abweichungen sowohl, sowie auch aus den Jahren, in welchen Maxima oder Minima der Frequenz der Gewitter (siehe Tabelle II, Seite 219) stattfanden, hervor, wenn man näher oder weiter von einander entfernt liegende Orte mit einander vergleicht. Lokale Störungen erkennen wir in den Jahren 1845—1847 für München und Hohenpeissenberg, während für die Jahre 1849—1859 eine ziemlich gute Uebereinstimmung weit verbreiteter Anomalien aus der genannten Tabelle für diese beiden Orte ersichtlich ist. Man kann also selbst bezüglich der Häufigkeit der Gewitter an einem und demselben Orte die lokalen von den auf grössere Strecken sich verbreitenden Störungen unterscheiden. Zur Untersuchung der Ursachen dieser Störungen reichen die vorliegenden Beobachtungen nicht aus; die neueren deshalb nicht, weil sie sich auf einen zu kleinen Zeitabschnitt erstrecken, die langjährigen aber, die oben verzeichnet wurden, aus dem schon öfters angegebenen Grunde, weil nämlich die Zuverlässigkeit der meisten derselben keine genügende ist.

Die lokalen Einflüsse auf die Entstehung der Gewitter geben sich vor allem durch die während der Gewitterbildung stattfindende eigenthümliche Wolkenerzeugung kund. Der Hergang dieser Wolkenerzeugung wird von den Beobachtern an verschiedenen Punkten der Erde fast in ähnlicher Weise beschrieben. „Die erste Erscheinung vor einem Gewitter (sagt Beccaria), die sich bei nahezu vollkommener Windstille ereignet, ist eine dicke Wolke, oder es sind deren mehrere, die sehr schnell an Grösse zunehmen und in die höheren Gegenden der Atmosphäre sich begeben. Die untere Fläche ist schwarz, und beinahe eben, die obere hingegen gewölbt, und erscheint fast als begrenzt. Oft sieht man verschiedene dieser Wolken über einander gethürmt, und alle auf gleiche Art geschichtet; sie scheinen dabei beständig aneinander zu haften, und haben ein wolliges, angeschwollenes Ansehen. Zur Zeit des Aufsteigens einer solchen Wolke ist die Atmosphäre gewöhnlich mit sehr vielen abgesonderten Wolken, ohne Bewegung, und von sonderbaren und seltsamen Gestalten, überzogen. Alle diese ziehen sich bei Erscheinung der Gewitterwolke nach derselben hin, und

werden, je näher sie kommen, in ihren Gestalten gleichförmiger, bis sie endlich, wenn sie der Gewitterwolke ganz nahe gekommen sind, ihre Gliedmassen (!) wechselseitig gegen einander strecken, worauf sie sich sofort mit einander vereinigen, und zusammen eine gleichförmige Masse auszumachen scheinen. — Zuweilen aber schwillt die Donnerwolke an, und nimmt sehr schnell zu, ohne Vereinigung mit einer von den fremden Wolken (die Beccaria zum Unterschiede von der eigentlichen Gewitterwolke als bloss in der Atmosphäre anwesend und mit jener nach und nach zur Vereinigung kommenden annimmt), indem die Dünste in der Atmosphäre selbst, überall wo sie durchziehen, in Wolken sich vereinigen. Einige jener sogenannten fremden Wolken sehen an den äussersten Rändern der Gewitterwolke, oder unterhalb der letzteren, wie weisse Fransen aus; sie werden aber, je näher sie kommen, um sich mit derselben zu vereinigen, immer dunkler. Ist die Gewitterwolke zu einer beträchtlichen Grösse angewachsen, so erscheint ihre untere Fläche zuweilen uneben, indem sich besondere Theile der Erde zu herabzuziehen scheinen, jedoch so, dass sie mit dem übrigen Theile noch zusammenhängen. Bisweilen aber schwillt die untere Fläche in mancherlei ansehnliche Hervorragungen auf, welche gleichförmig nach der Erde zugekehrt sind. Endlich aber kann es zuweilen erscheinen, dass eine ganze Seite der Wolke nach der Erde zu sich neigt, als ob gleichsam das äusserste Ende derselben fast die Erde berühre. Ist das Auge unter der Gewitterwolke, nachdem dieselbe angewachsen ist und sich gestaltet hat, so bemerkt man, dass sie sich senkt, und ungemein dunkel wird, und man sieht zugleich eine Menge kleiner fremder Wolken, deren Ursprung niemals wahrzunehmen ist, in einer schnellen Bewegung nach sehr ungewissen Richtungen unter jener sich herumtreiben. Unterdessen, da diese Wolken sich in den schnellsten Bewegungen befinden, pflegt es insgemein sehr stark zu regnen, und ist die Bewegung ungeheuer heftig, so pflegt es gemeiniglich zu hageln. Während so die Gewitterwolke anschwillt, und ihre Zweige über eine grosse Strecke der Gegend verbreitet, sieht man den Blitz von dem einen Theile derselben nach dem anderen fahren, und öfters ihre ganze Masse erleuchten. Hat sich die Wolke hinlänglich ausgebreitet, so streicht der Blitz zwischen der Wolke und der Erde an zwei entgegengesetzten Orten, so dass der Strich durch den ganzen Körper der Wolke und deren Zweige hindurch geht. Je länger das Blitzen anhält, desto dünner wird die Wolke, und desto mehr verliert sie ihre Dunkelheit, bis sie endlich an verschiedenen Orten bricht, und einen klaren Himmel sehen lässt. Hat sich solchergestalt die Gewitterwolke verloren, so breiten sich diejenigen Theile, welche die oberen Gegenden der Atmosphäre einnehmen, gleichförmig auseinander, und werden ganz dünn, und die zunächst darunter befindlichen sind ganz schwarz, aber ebenfalls dünn, und verschwinden endlich nach und nach, ohne durch einen Wind auseinander getrieben worden zu sein [27]."

Nachdem wir so eine genaue Beschreibung der Gewittererscheinungen in der Gegend von Turin von Seite eines ausgezeichneten Physikers des vorigen Jahrhunderts kennen gelernt haben, so wollen wir sehen, durch welche Kennzeichen die Gewitterwolken in anderen Gegenden von den Physikern charakterisirt werden.

„Die Gewitterwolken in Aethiopien sind (nach D'ABBADIE) an ihrer unteren Fläche stets eben, aber ausgezackt an der entgegengesetzten und im Allgemeinen von sehr geringer Dicke. Einige dieser Wolken würden trotz der heftigen elektrischen Ausbrüche, deren Heerd sie waren, nicht gehindert haben, die Sterne durch sie hindurchzusehen [28]." ARAGO bemerkt (a. a. O.), dass zu den unterscheidenden Merkmalen der Gewitterwolken eine Art Gährung (wie bereits schon erwähnt wurde) insbesondere gehöre, welche von FORSTER mit der Bewegung verglichen werden könne, die man auf der Oberfläche eines mit Maden erfüllten Käses wahrnimmt. Ferner wird von ARAGO hervorgehoben, dass man auch in den Pyrenäen an der oberen Seite der Gewitterwolken starke Erhöhungen und beträchtliche Vertiefungen wahrgenommen habe. Als ein weiteres Anzeichen bei der Gewitterbildung in jenen Gegenden sei hervorzuheben, dass in den heissesten Tagen des Jahres sich plötzlich an mehreren Punkten der unteren Wolkenschicht Erhebungen bilden, welche sich wie lange Spindeln ausdehnen, und vermittelst derer sehr entfernte Regionen der Atmosphäre in Communication treten können.

„In gewissen Gegenden (bemerkt weiter ARAGO) bestehen nach Angabe PEYTIER'S die Keime der Gewitter, welche auf den Gebirgen ausbrechen, aus einigen Wolkenflocken, die sich in dem Tieflande gebildet oder von den weit ausgedehnten Schichten, die die umliegenden Ebenen zuvor bedeckten, abgelöst haben. Ein Beobachter, der auf einer hohen Spitze der Pyrenäen steht, von der aus man Roussillon oder die Gascogne überblickt, z. B. auf dem Canigou oder dem Pic du midi di Bigorre, sieht jeden Morgen, mehrere Stunden nach Sonnenaufgang, über der Ebene Wolken entstehen, welche oft mit Schnelligkeit aufsteigen, sich sämmtlich bald um den einen, bald um den andern Gipfel gruppiren und meistens dort ein Gewitter erzeugen. Wenn aber die Ebene am Morgen schon bedeckt ist, so findet keine neue Wolkenbildung statt, sondern von den schon vorhandenen Wolken lösen sich hie und da einzelne Bruchstücke ab, einige früher, andere später. Das Gewitter bricht aus, sobald diese Bruchstücke sich in grosser Menge um einen der Berggipfel vereinigt haben."

Hieher gehört auch die folgende Thatsache: „Bei Brundlen auf dem Pilatusberge (in der Schweiz) ist ein kleiner See, worauf sich fast alle Ungewitter erzeugen. Sie fangen sich mit einer kleinen Wolke an, die sich an den benachbarten Felsen des Sees legt, der viel höher steht. Wenn diese Wolke über den Felsen hinaufsteigt, welches doch sehr selten geschieht, so zertheilt sie sich, gemeiniglich aber bleibt sie daran unbeweglich, und wird zusehends grösser. Sowie sie zunimmt, senkt sie sich, und wird zu einer schwarzen Wolke, die schrecklich donnert [29]."

Uebrigens sind nicht überall grosse Wolkenmassen nöthig, zuweilen können auch kleine isolirte Wolken alle Gewittererscheinungen zeigen. — MARCORELLE erzählt, dass am 12. September 1747, während der Himmel hell und vollkommen rein war, mit Ausnahme einer kleinen Wolke, welche dem Anscheine nach eine genau runde Form und einen Durchmesser von etwa 16 Zoll besass, der Blitz plötzlich hervorbrach und eine Frau tödtete, die er an der Brust verbrannt hatte, ohne jedoch ihre Kleider zu beschädigen. — Aus dem meteorologischen

Tagebuch DUHAMEL's zu Denainvilliers erzählt ARAGO das folgende am 30. Juli 1764 stattgehabte Ereigniss: „5½ Uhr Morgens bei heiterem Himmel zog eine kleine isolirte zackige Wolke vorüber; aus dieser Wolke brach ein Blitz und Donnerschlag hervor, der eine Ulme, sehr nahe beim Schlosse Denainvilliers, traf. Dieser Blitz riss von 20 Fuss Höhe an bis zur Wurzel hinab einen Streifen Rinde von 2—4 Zoll Breite los, und machte in das Holz eine Rinne von einem Finger Breite und Tiefe, in deren Grunde man eine Linie, wie einen schwarzen Faden, sah, nach welcher das Holz gespalten zu sein schien. Gleichzeitig nahm man in einer benachbarten Meierei einen Schwefelgeruch wahr, der grossen Schrecken verursachte [30]."

Wenn schon diese Beispiele zeigen dürften, dass auf die Bildung der Gewitterwolken die Terrainbeschaffenheit grossen Einfluss haben mag, so wird die Vermuthung durch andere Thatsachen noch mehr bekräftiget, von welchen ich einige aus ARAGO's Abhandlung hier vorführe.

VICAT erzählt Folgendes: „Als ich im Jahre 1807 in das Genuesische gesandt war, mit dem Auftrage, eine Strasse durch den Theil der Apenninen abzustecken, welcher Piacenza von dem Ufer des mittelländischen Meeres trennt, war ich in Folge meiner Obliegenheiten genöthiget, mehrere Tage hindurch in einem Weiler, Namens Grondone, zu wohnen. Einige hundert Schritte davon entfernt liegt ein reiches Erzlager, in Gestalt eines Spitzberges, der den Boden zu durchbohren scheint, um sich (etwa) an hundert Fuss zu erheben. Ihre Höhe über dem mittelländischen Meere beträgt nahe ebensoviel als die der Apenninenkette, weil sie nahe an dem Fusse liegt, welcher die Wasserscheide zwischen dem mittelländischen und dem adriatischen Meere bildet. Folgende Erscheinung ist nun in dem Lande allgemein bekannt, und ich selbst habe sie oft bestätigt gefunden. Von den heissen Tagen des Juli und August vergeht fast keiner, wo sich nicht über der Gegend von Grondone eine elektrische Wolke bildet. Diese Wolke wächst allmählig, steht während einiger Stunden über der Eisengrube, als wäre sie daselbst angehangen, und blitzt dann, indem sie sich gegen das Erzlager selbst entladet. Die Bergleute wissen aus Erfahrung, wenn es Zeit ist, ihren Ort zu verlassen, sie ziehen sich in einige Entfernung zurück, und gehen nach der Entladung und gänzlichen Auflösung der Wolke wieder an ihre Arbeit. Ich habe manchmal die dicke Wolke in Grondone sich um Mittag bilden, bis 4 oder 5 Uhr Stand halten und dann nach einigen Blitzschlägen ein kleines Gewitter erzeugen sehen. Es ist wahrscheinlich, dass auf andern Punkten der Apenninen eigenthümliche Ursachen vorhanden sind, welche kleine, mit ihren Wirkungen in sehr enge Grenzen eingeschlossene Gewitter erzeugen etc. etc. [31]."

Einen interessanten Beitrag zu diesen Erscheinungen liefert die folgende in einem Berichte des Kapitäns DUPERREY über die Häufigkeit der Gewitter auf hoher See enthaltene Erzählung. Dieser gelehrte Nautiker erwähnt nämlich Folgendes: „Als wir im November 1818 in der Meerenge von Ombay waren, sahen wir eines Abends eine kleine weisse Wolke, welche nach allen Seiten Blitz schleuderte. Sie rückte langsam fort, trotz eines heftigen Windes, und hielt sich in grosser Entfernung von allen anderen Wolken, welche am Hori-

zonte wie angeheftet schienen. Die in Rede stehende Wolke war von rundlicher Gestalt, und mochte mit ihrer Fläche eine Ausdehnung von der scheinbaren Grösse der Sonnenscheibe einnehmen. Aus allen Punkten dieser Wolke fuhren zickzackförmige Blitze und zahlreiche auf einander folgende Donner, welche vollständig dem Knattern des Musketenfeuers von einem ganzen Bataillon glichen, das zum Heckefeuer commandirt ist. Diese Erscheinung dauerte nicht weniger als eine halbe Minute, und die Wolke verschwand mit den letzten Knallen vollständig [32]." —

Die lokalen Einflüsse geben sich weiter darin zu erkennen, dass es Orte gibt, wo die Gewitter zu den seltenen Erscheinungen gehören, und wieder andere, wo ihre Häufigkeit als sehr gross erscheint. Schon Franklin vermuthete, dass die Gewitter auf hoher See, nämlich fern vom Lande, in geringer Zahl vorkommen. Er sagt, dass nach dem Berichte alter Seefahrer die Gewittererscheinungen insbesondere in der Nähe von Küsten vorkommen, und dass sogar Inseln, die vom Continente weit entfernt liegen, die Gewitter kaum kennen. Ein aufmerksamer Beobachter habe während eines 13jährigen Aufenthaltes zu Bermudas weniger Gewitter erlebt, als er zuweilen in einem einzigen Monate in Karolina wahrzunehmen Gelegenheit hatte [33]. Diese Vermuthung, welche Franklin der von ihm aufgestellten problematischen Entstehungsweise des Blitzes entnimmt, hat sich auch durch neue Erfahrungen durchaus bestätiget, deren Aufzählung wir hier unterdrücken müssen.

„Alle Einwohner von Lima in Peru (unter 12° südl. Breite und 79½° westl. Länge von Paris), welche nicht gereist sind (sagt Arago), haben keine Vorstellung vom Gewitter." Sie kennen ebenso wenig den Blitz, denn selbst Blitze ohne Donner durchzucken nie den zwar oft nebeligen, aber niemals mit wahren Wolken bedeckten Himmel von Niederperu. (Dieser eigenthümliche und andauernde Nebel wird von den Bewohnern Garua genannt.) — Dieses gilt aber nicht mehr — nach Duperrey — 15 Meilen von der Küste, im Innern des Landes, wo die Gewitter wieder häufig sind. Ebenso kann der Seefahrer in der Nähe der Molukken oder der Sunda-Inseln alle Tage den Donner hören. — Einen deutlichen Beweis für die Verminderung der Gewitter auf dem Meere (sagt Arago) liefert der Reisebericht des Kapitäns Bougainville. Die von diesem Officier befehligte Fregatte Thetis verliess um die Mitte Februar 1825 die Rhede von Turan (Cochinchina), und hatte bei ihrer Ueberfahrt nach Surabaya (am nordöstlichen Ende Javas) keinen Donner gehört. „Während ihres Aufenthaltes auf der Rhede von Surabaya — 19. bis 30. April — rollte der Donner alle Nachmittage." Nach der Abfahrt von Java nach Port-Jackson (am 1. Mai) hörte man bei einem mehrtägigen Aufenthalte auf der See unter der Breite von Surabaya keinen Donner mehr. — Dass die Beschaffenheit des Bodens auf die Häufigkeit der Gewitter einen Einfluss selbst unter sonst gleichen Umständen ausüben mag, geht aus den Bemerkungen hervor, welche Lewis-Weston-Dillwyn im Jahre 1803 hierüber machte. Sie bestehen in Folgendem:

„Im östlichen Devonshire: viele Gewitter. (Wenig Metallgruben.)
Devonshire: etwas weniger. (Mehr Gruben.)
Cornwallis: noch weniger. (Land der Gruben.)

Umgegend von Swansea: Gewitter sehr selten. (Grosser Reichthum an Eisengruben.)

Im Süden von Devon: Gewitter ziemlich häufig. (Keine Gruben.)

Im Norden von Devon: Gewitter merklich weniger häufig als im Süden. (Viele Eisen-, Kupfer- und Zinngruben im Betriebe.)

Dillwyn behauptet auch, dass in Ländern mit Kalkboden die Gewitter am heftigsten und häufigsten seien [34]."

Die örtlichen Einflüsse treten am deutlichsten hervor in Gegenden, wo der aufsteigende Luftstrom häufig zu Stande kommen kann, und der Entstehung desselben und seinem Verlaufe andere Strömungen nicht hindernd in den Weg treten. In solchen von hohen Bergwänden eingeschlossenen Thälern wiederholen sich die Gewitter während der Sommermonate fast täglich.

Auf Jamaika beginnen, von dem ersten Tage des Novembers an bis zur Mitte des Aprils, die Gipfel der Gebirge von Port Royal, täglich zwischen 11 und 12 Uhr Mittags, sich mit Wolken zu bedecken. Um 1 Uhr treten die Gewittererscheinungen ein, während gegen $2^1/_2$ Uhr der Himmel wiederum heiter erscheint. Diese Erscheinung wiederholt sich, nach Hutchinson, jeden Tag während fünf aufeinander folgender Monate, während auf den benachbarten Inseln und an den in klimatischer Beziehung ähnlich gelegenen Punkten des Festlandes, die Zahl der Gewittertage im ganzen Jahre nicht 50 erreicht. Der Einfluss der Gebirge von Port Royal auf die Erzeugung der häufigen Gewitter gibt sich also hier deutlich zu erkennen [35]. — Im Verlaufe von sechs Jahren hat d'Abbadie in Aethiopien nicht weniger als 1909 Gewitter, also jährlich mehr als 300 im Durchschnitte beobachtet [36].

Die Umgegend von Bialystock in Lithauen wird von Arago (nach den hierüber erhaltenen Nachrichten) als eine solche bezeichnet, welche im Sommer der Schauplatz beinahe immerwährender Gewitter und einschlagender Blitze ist. „Diese Gewitter dauern nur zwei bis drei Stunden; während der übrigen Zeit des Tages zeigt der Himmel eine merkwürdige Heiterkeit." Sehr ausgeprägt erscheint der Lokal-Einfluss, den Gebirge ausüben, durch die von Volta hierüber bekannt gegebenen Thatsachen. „Man muss — sagt Volta — in einem Gebirgsland, besonders in der Nähe von Seen, wie jenes, woselbst wir gewöhnlich den Sommer zubringen, wo die Gewitter im Laufe des Frühjahres und Sommers so häufig, ja im Juni und in einem Theil des Juli hindurch beinahe täglich erscheinen, man muss, sage ich, in Como wohnen, und in den Gegenden des Lario und Verbano, Lugano, Lecco, so wie im ganzen Gebirge von Brianza, Bergamo etc., um sich selbst von einer solchen Periode zu überzeugen, nämlich der Festsetzung der Gewitter an diesem oder jenem Orte, in irgend einem Thale, oder einer Gebirgsschlucht", welche sodann eine ganze Reihe von Tagen hinter einander, jedesmal um dieselbe Stunde an demselben Orte, woselbst sie das erste Mal zum Vorschein kamen, sich wieder erzeugen [37]. Die von Volta gegebene Erklärung dieser durch einige Sommermonate fast periodisch wiederkehrenden Gewittererscheinung ist aber durchaus nicht so befriedigend, dass sie diese Erscheinungen vollständig aufzuhellen vermag. Als eine Hauptursache nimmt er zwar den aufsteigenden Luftstrom an, dessen Entstehung in den ge-

nannten Gebirgsthälern begünstiget wird; aber die Wiederkehr selbst sucht Volta dadurch zu erklären, als ob etwa das Gewitter eines Tages ein (unbekanntes Agens) Etwas zurückgelassen hätte, das seine Erzeugung am folgenden Tage begünstiget. Es soll diese neue Entstehungsursache von der Lokalität selbst unabhängig sein und nur mit der Elektricität der während des ersten Gewitters geladenen Luftschichten, mit der des herabgefallenen Regens, mit der nach den ersten Niederschlägen erfolgten bedeutenden Abkühlung etc. zusammenhängen. Bezüglich des Näheren hierüber müssen wir auf die citirte Quelle selbst verweisen.

Ob die Beschaffenheit des Bodens einer Gegend auf die Gewittererzeugung Einfluss hat, ist schwer zu entscheiden, da die hiefür nöthigen Beobachtungsmaterialien ganz und gar fehlen. Aber eine Thatsache kann ich hier nicht umgehen, welche von Arago angeführt wird. „Als im Juli 1808 (während oder nach einem Platzregen?) Howard einen Theil Englands in der Richtung von London nach St. Albans schnell durchreiste, fand er die Oberfläche der Erde nach einander trocken oder vom Regen durchnässt, je nachdem der Boden daselbst kalkig oder sandig war.“ Ohne weiter einen Schluss daraus zu ziehen, bemerkt Arago bloss: „Diese Uebergänge vom Trockenen zum Feuchten wiederholten sich zu oft, als dass man sie allein dem Zufalle hätte zuschreiben dürfen.“ Ich will bloss hier erwähnen, dass selbst die Landleute, welchen die Gewitter aus vielen Gründen schauerliche Eindrücke einprägen, die ohne Blitz und Donner im Sommer erfolgenden Platzregen mit dem Namen „stille Gewitter“ bezeichnen: eine Bezeichnung, die man vielleicht als sachgemäss anerkennen müsste, wenn man näher untersuchen würde, ob diese Regengüsse vielleicht elektrische Entladungen zwischen Wolke und Erde herbeiführen, oder vielleicht selbst als Leitungsstrecken für solche Entladungen dienen könnten. Die bekannte Erscheinung, vermöge welcher die Regentropfen bei solchen Platzregen zuweilen ein glänzendes Licht verbreiten, und andere hieher gehörige Phänomene sind viel zu auffallend, als dass man sie ganz und gar umgehen darf. Uebrigens sind solche Erscheinungen, wie sie von Arago hier erwähnt werden, durchaus nicht so selten, und es könnten sogar Beispiele angegeben werden, in welchen dieselben auf einem Terrain vorkamen, das von dem in der Gegend Londons sehr verschieden ist.

Wir haben bisher bloss von der Zahl der Gewitter und ihrer Vertheilung nach Ort und Zeit gesprochen, und gesehen, dass diese Erscheinungen von lokalen Umständen sehr abhängig sind. Es steht daher in Frage, ob vom Zuge eines und desselben Gewitters und seiner Verbreitung auf grössere Strecken überhaupt, und in ähnlichem Sinne, wie diess bei anderen atmosphärischen Vorgängen der Fall ist, nur die Rede sein kann, und ob nicht etwa die gleichzeitig an verschiedenen Orten auftretenden Gewitter ganz und gar von einander unabhängige Erscheinungen sein dürften. Als bezeichnend hiefür erscheint uns das, was Lamont über die Gewitter in München sagt. „Da ein aufsteigender Luftstrom nur durch Erwärmung der unteren Luftschichten entsteht, so ist es einleuchtend, dass von Thälern oder Kesseln, insbesondere von vertieften Flussbetten und Seen das Material unserer Gewitter seinen Ursprung

erhält. In München ist die Geschichte der Gewitter sehr einfach. Bei Ostwind und heiterem Himmel erhebt sich der Nebel in Osten wahrscheinlich am Inn und den parallelen Flüssen bis zur Salzach und dem Inn; der aufsteigende Nebel wird etwa zwischen 10 Uhr Morgens und 2 Uhr Nachmittags mit grosser Schnelligkeit über München nach Westen geführt. Man bemerkt, wenn diese Nebelmasse ergiebig genug ist, am westlichen Horizont weisse dünne Wolken, und etwas tiefer Haufenwolken mit langsamer Bewegung nach Osten, d. h. mit einer dem unteren Winde entgegengesetzten Richtung. Diess gibt ein Gewitter, und zwar gelangt dasselbe bei raschem Verlaufe 5—8 Stunden später nach München, als das Erscheinen der Wolken im Westen. Dieser rasche Verlauf tritt zwar selten und unter Umständen ein, die bisher wenig ermittelt worden sind, etc. etc." [38]. Jedenfalls geht hieraus hervor, dass zur Erzeugung des Gewitters lokale Einflüsse wirksam auftreten müssen, dass aber zur Ausbildung desselben und für seine sogenannte Entladung das gleichzeitige Vorhandensein zweier Luftströme, eines unteren nach Westen und eines oberen nach Osten sich bewegenden als wesentliche Bedingung erscheint. Wie weit die zur Gewitterbildung nöthigen und nach Westen hinziehenden Nebelmassen sich auf ihrem Wege von ihrem Ursprung aus begeben, hängt von Umständen ab, die nicht näher untersucht worden sind. Ebenso wenig ist bis jetzt untersucht, wo ein solches aus Westen kommendes Gewitter sich wirklich entladet; ob dasselbe auf bedeutende Strecken sich ausdehnt oder nicht etc. etc. — Nach Lamont's Beobachtungen breitet sich selten ein Gewitter auf mehr als ein paar Meilen aus; die gleichzeitig an verschiedenen und entfernten Orten eintretenden Phänomene sollen nur in so weit in Zusammenhang mit einander stehen, als jede starke Erschütterung der Atmosphäre auch an entlegenen Punkten ihre Wirkung hervorbringt [38].

Ueber solche Fragen hat man schon in früherer Zeit das nöthige Material für Beobachtungen, namentlich in Würtemberg zu sammeln gesucht (siehe auch S. 216), zu bestimmten Resultaten ist man aber hiebei nicht gekommen. Die Verdienste Schübler's um diese Forschungen sind bekannt [39]. Schübler hat namentlich den Einfluss der Gebirgshänge nachgewiesen, er zeigte, dass die grösste Zahl der Gewitter von West (SW., W., NW.) nach Ost (SO., O., NO.) ziehen, wenn sie zum Ausbruch kommen, dass Gewitter aus Osten seltene, aber im Allgemeinen Gefahr bringende Erscheinungen sind *, und stellt den Einfluss der schwäbischen Alp, welche sich durch ganz Schwaben in der Richtung von WSW. nach ONO. in einer Länge von 50 Stunden hinzieht, deutlich heraus. Ebenso untersucht er bei dieser Gelegenheit die sogenannten Wetterscheiden und ihren Einfluss auf den Zug der Gewitter **. Was aber hiebei bezüglich der Verbreitung eines und desselben Gewitters und seiner Geschwindigkeit angegeben wird, kann

* Schübler sagt hierüber (Schweigger J. XXXI. 142 *) Folgendes: „Die gefährlichsten und vorzüglich durch Schlossen verderblichsten Gewitter sind in den meisten Gegenden diejenigen, welche von Osten kommen, oder welche zwar aus Westen aufsteigen, aber an einer Wetterscheide anstossen, oder überhaupt in ihrem gewöhnlichen Lauf von Westen nach Osten von einem Gebirgsrücken aufgehalten werden. Vorzüglich leicht gefährlich werden Gewitter, welche schon über eine Gegend hingezogen sind und nun wieder in entgegengesetzter Richtung von einer ihrem Lauf entgegenstehenden Gebirgskette zurückkehren."

** Eine sehr interessante Thatsache über den Einfluss solcher Wetterscheiden auf den Zug der Gewitter, wie sie vom Herrn Hauptmann C. Orff während seiner geodätischen Operationen im bayerischen Walde beobachtet wurde, ist unten ([39 a]) mitgetheilt.

nicht als Grundlage einer theoretischen Untersuchung benutzt werden. Es lässt sich sogar nachweisen, dass im Allgemeinen ein und dasselbe Gewitter nur auf eine verhältnissmässig kurze Strecke sich ausdehnt, während gleichzeitig oder wenigstens an denselben Abend- oder Morgenstunden an anderen Orten Gewitter zum Ausbruche kommen können, die als ganz verschiedene Erscheinungen angesehen werden müssen. Bezüglich dieser Frage aber müssen wir auf die betreffenden Originalquellen verweisen, wo solche gleichzeitige Gewitterbeobachtungen verschiedener Orte zusammengestellt sich finden [40].

Die im Winter vorkommenden Gewitter sind im Allgemeinen von geringer Zahl, am häufigsten erscheinen sie in der Nähe der Meeresküsten. Wenn aber Wintergewitter im Innern des Continentes auftreten, so scheint es, dass ihre Verbreitung stets auf eine grössere Strecke geschieht, wie bei Sommergewittern, und es darf vielleicht die Vermuthung ausgesprochen werden, dass jene mit Gewittern, die in der Nähe des Meeres zum Vorschein kommen, fast gleichzeitig zu entstehen scheinen. Für diese Vermuthung lassen sich wenigstens einige Thatsachen angeben. Herzberg erwähnt bezüglich der nordischen Gewitter, dass diese im Winter stets einen grösseren Landstrich einnehmen, als im Sommer. Die Erfahrung Aller in der Gegend von Bergen (Norwegen) gehe dahin, dass sich die Wintergewitter 14 bis 16 norwegische Meilen längs der Küste, und 10 bis 12 Meilen in das Land hinein erstrecken, so weit es auf dieser Seite der Gebirge eben bewohnt ist. Das Gewitter, welches am Weihnachtstage 1795, ungefähr acht Meilen vom Stift Bergen, eine Kirche anzündete, wurde an letzterem Orte ganz zu derselben Zeit wahrgenommen [41]. — Ein am 11. Januar 1815 stattgehabtes Gewitter wurde an sehr weit von einander entfernten Orten innerhalb der Stunden $8^1/_2$ bis 11 Uhr Morgens beobachtet, und veranlasste zugleich an folgenden Orten Blitzesentladungen gegen Bauwerke: zu Antwerpen im Hafen; zu Rotterdam in die grosse Kirche; zu Zwoll, Nimwegen, Xanten, Udem, Goch, Duisburg, Wesel, Mühlheim an der Rohr, Dortmund in den Reinoldi-Thurm, Düsseldorf in den Lamberti-Thurm, Cöln in gross St. Martin, zu Bonn in den grossen Thurm, zu Düren, Herford, Minden (in Preussen), Bocholt, Hopstern im Münster'schen, Wevelzberg bei Paderborn, Beek im Clevesche, Bielefeld, Borken, Paderborn in den grossen Thurm. An den meisten dieser Orte traf der Blitz die Thürme und zündete, und es wurde vermuthet, dass die Zahl der Blitzschläge durch jenes Gewitter noch grösser war, als die hier angegebene. „Zeichnet man diese Orte auf eine Karte, so sieht man, dass das Gewitter (vom 11. Januar 1815) einen Raum von etwa 40 Meilen Länge (von Antwerpen bis Minden) und etwa 15 Meilen Breite (von Bonn bis Nimwegen) eingenommen hat“ [42]. — Ein weiteres Beispiel wähle ich aus einer Zusammenstellung von Gewittererscheinungen im Jahre 1843 aus verschiedenen Punkten Deutschlands [43]. Hier ist ein Gewitter vom 30. Januar angezeigt, über dessen Verbreitung Folgendes erwähnt wird. Hof (an der nördlichsten Grenze Bayerns): Regen und Sturm, in der Nacht Gewitter; W. — Uffenheim (unweit der Badisch-Würtembergischen Grenze, in Bayern): zur Mitternachtszeit häufiges Blitzen mit Hagel; W. — Burglengenfeld (unweit Regensburg): den ganzen Tag heftiger Sturm, den in der Nacht Gewitter be-

gleitet; W. — Diese drei Punkte liegen soweit von einander entfernt, dass man unmöglich annehmen kann, das erwähnte Gewitter, welches fast zu derselben Zeit dort beobachtet wurde, sei bloss auf diese Orte beschränkt gewesen; man darf vielmehr aus den kurz beschriebenen meteorologischen Vorgängen schliessen, dass diese Erscheinung nicht eine örtliche, sondern eine weit verbreitete war, und dass nur diese Erscheinungen den übrigen Punkten der Beobachtung entgangen sind. — Auf eine solche Gleichzeitigkeit lassen die Sommergewitter selten schliessen, selbst, wenn sie nahezu um dieselbe Tageszeit erscheinen. Es ist nämlich als bezeichnend anzusehen, dass die Sommergewitter zum grössten Theil bei ruhiger Luft, nachdem fast Windstille einige Zeit angedauert hat, zu Stande kommen, und dass erst dem Gewitter selbst unmittelbar vor seinem Ausbruche starke Winde, zuweilen sogar bedeutende Stürme und fortschreitende cyclonische Bewegungen in der Atmosphäre vorangehen und dasselbe begleiten können. Solche starke Luftbewegungen sind aber bei Sommergewittern nur von kurzer Dauer, und verbreiten sich nur im Allgemeinen auf mässig kleine Strecken. Den Wintergewittern hingegen gehen in der Regel sturmartige Bewegungen, wenigstens auf dem Continente schon längere Zeit vor der Entwickelung des Gewitters voran, und diese Luftströmungen sind dann gewöhnlich nicht lokalen Ursprungs, sondern verbreiten sich — im Allgemeinen von W. gen O. — auf bedeutend grosse Strecken, sie sind keine lokalen, sondern Erscheinungen, die sich über den grössten Theil des europäischen Continentes zu erstrecken scheinen.

Es lässt sich daher vermuthen, dass die Wintergewitter eine andere Entstehungsquelle haben, wie die des Sommers; jedoch lassen sich bestimmte Behauptungen hierüber nicht früher aufstellen, bis die hiefür ausreichenden Thatsachen auch wirklich vorhanden sein werden.

Was die Intensität der Gewittererscheinungen betrifft, so fehlen im Allgemeinen alle Anhaltspunkte, um dieselbe genau beurtheilen zu können. Ausserdem fehlt auch der Maassstab, nach welchem eine solche Beurtheilung vorgenommen werden kann. Die Stärke eines Gewitters hängt offenbar von der Heftigkeit der dabei auftretenden Erscheinungen ab, sowie von den Wirkungen, die in Beziehung zur Dauer derselben hervorgebracht werden. Wenn man nach der Heftigkeit der Stürme die Intensität des Gewitters, von welchen dasselbe begleitet wird, beurtheilen will, so lassen sich Thatsachen aufführen, welche zeigen, dass die in niederen Breiten vorkommenden Gewitter weit heftiger sind, als die in mittleren und höheren Breiten, und folgerecht dürfte man daraus auch schliessen, dass die Sommergewitter in den sogenannten gemässigten Erdstrichen grössere Intensität haben werden, wie die Wintergewitter: eine Behauptung, welche durch die Erfahrung ebenfalls nicht widerlegt wird.

Bezüglich der Gewitter in niederen Breiten erzählt Humboldt, dass sie während der nassen Jahreszeit fast täglich sich zeigen. Nachdem der Himmel am Morgen heiter gewesen war, bedeckt er sich zu Mittag schnell mit Wolken; die Elektricität der niederen Regionen der Atmosphäre ist während dieser Wolkenbildung weit stärker als in höheren Breiten. Die Blitze zeigen sich endlich, sie folgen weit schneller, scheinen weit heller als in unseren Gegenden, und der Donner rollt fürchterlich. Man kann sich in unseren Breiten keinen Begriff von

der Heftigkeit eines solchen Gewitters machen, namentlich sind diese Gewitter in der Region der Calmen zwischen beiden Passaten sehr häufig, ja fast täglich, so dass man diesen Gürtel auch die Region der ewigen Gewitter nennen könnte. Sie haben zwischen den Wendekreisen häufig den spanischen Namen *Tornados* oder *Torvados*, auf den Antillen, auf Isle de France und in Hindostan heissen sie *hurricanes*, in dem chinesischen Meere *Typhonen* oder weisse Böen (Tei-fun, grosser Wind): Benennungen, die sich eigentlich nur auf die Heftigkeit der dabei stattfindenden Winde beziehen. — Die Orkane an der Sierra-Leone-Küste am Anfange und am Ende der Regenzeit sollen nach Winterbottom die grösste Aehnlichkeit mit unseren Gewittern haben, wenigstens in Beziehung auf die Heftigkeit, die kurze Dauer derselben und was die Erscheinungen bezüglich der Wolkenbildung betrifft, welche solchen Orkanen vorangehen. Am östlichen Horizonte bemerkt man nämlich anfänglich eine ganz kleine Wolke, während nach Golberry in den höchsten Regionen der Atmosphäre plötzlich eine runde weisse Wolke sich zeigen soll. Die Blitzstrahlen zucken, schnell auf einander folgend, rasch durch die Luft, und zuweilen lässt sich auch entfernter Donner wahrnehmen. Die Wolken vergrössern sich nach und nach, werden immer dunkler und schwärzer, die Donnerschläge folgen nun mit der grössten Heftigkeit und rasch auf einander, der Himmel hüllt sich in ein mitternächtliches Dunkel ein, das mit der Helligkeit, welche noch am westlichen Himmel vorhanden ist, einen schauderhaften Contrast bildet. Unmittelbar vor dem Ausbruche des Gewitters herrscht Windstille, zuweilen kommen kleine schwache Wirbelwinde vor, und im nämlichen Momente stürzt der Sturm mit allen seinen Schrecknissen aus den Wolken herab [44]. Diese Gewitterstürme sind nicht bloss von kurzer Dauer (zuweilen dauern sie kaum eine halbe Stunde an), sondern sie bleiben in den meisten Fällen nur auf eine kleine Strecke beschränkt.

Auch diese Gewitterstürme dürften der Wirkung continentaler Gebirgsmassen zuzuschreiben sein. Von den in den chinesischen Meeren in den heissen Monaten berüchtigten wüthenden Stürmen sagt Maury [45], dass der grosse Störer des atmosphärischen Gleichgewichtes in den dürren Hochebenen Asiens liege; sein Einfluss erstrecke sich bis auf die chinesischen Meere, und um die Zeit, wo die eigentlichen Monsune ihre Richtung ändern, treten jene schrecklichen mit Donner und Blitz begleiteten Stürme auf.

§. 50. Besondere Licht-Erscheinungen, welche zuweilen an irdischen Objecten, sowie an den Niederschlägen auftreten, und die mit den elektrischen Entladungen in der Atmosphäre zusammenhängen.

Ich beabsichtige nicht, alle hieher gehörigen Thatsachen aufzuzählen; es muss vielmehr für unseren vorliegenden Zweck ausreichen, wenn wir nur einige jener Phänomene in der Art und Weise ihres Auftretens hier vorführen, um uns überzeugen zu können, ob dieselben mit den Gewittern zusammenhängen oder nicht.

Schon im Alterthum ist das Leuchten hervorragender Gegenstände während der Gewitter, zuweilen auch vor denselben, und in anderen Fällen auch ohne

eintretende Gewitter bekannt gewesen. Derlei Lichterscheinungen, welche man mit den elektrischen später in Zusammenhang brachte, haben verschiedene Namen erhalten. Einzelne solcher Leuchtphänomene wurden mit dem Namen Helena-Feuer bezeichnet, woher dann später die Ausdrücke St. Telmo-, St. Herme-, St. Elmes-, oder überhaupt Elmsfeuer gekommen sein sollen. Wenn derlei „Flämmchen“ paarweise erschienen, so erhielten sie den Namen Castor- und Polluxfeuer. Von den Italienern wurden derlei Erscheinungen mit den Namen St. Peters- oder St. Nicolausfeuer bezeichnet; die Portugiesen nennen sie im Allgemeinen *Corpo santo*, und wenn fünf oder mehrere zugleich erscheinen: *Corona de nostra Senhora*. Die englischen Schiffer heissen dieselben *Comazanti* (*corposant*); die Holländer *Vrede vyer*; von den norddeutschen Schiffern werden solche Erscheinungen Wetter- oder Weerlichter genannt [46]. Sie sind zu verschiedenen Zeiten, im Alterthum, dann in den Perioden, in denen die Forschungen über Gewitterelektricität erwachten, sowie in der neueren Zeit oft wahrgenommen worden; man hat sie zur See und auf dem Lande beobachtet, und es sind die Umstände ihres Auftretens von verschiedenen Beobachtern fast in gleicher Weise beschrieben worden. Diese Erscheinungen kommen also in der Wirklichkeit vor, und es fragt sich eigentlich, ob sie alle unter gleichen Umständen auftreten, ob die auf dem Continent beobachteten auf andere Weise hervorgerufen werden, wie die auf den Masten etc. der Schiffe wahrgenommenen, ob die bei heiterem Himmel oder bei Nebel beobachteten eine andere Entstehungs-Ursache haben, als die während der Gewitter wahrgenommenen u. s. w. — Ohne auf theoretische Besprechungen hierüber bei dieser Gelegenheit einzugehen, so darf man dennoch füglich bemerken, dass man diese sämmtlichen Erscheinungen entweder als Spitzenwirkungen elektrisirter Körper oder als derlei Wirkungen, die durch elektrische Influenz zu Stande kommen, höchst wahrscheinlich ansehen darf. Derlei Vermuthungen sind schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts gemacht worden [47]. Worin diese Erscheinungen bestehen, und wie sie in älterer und neuerer Zeit beschrieben worden, möchte aus den wenigen Thatsachen, die ich hiefür hervorhebe, ersehen werden können.

Einer der ältesten Berichte, der auf unsere Zeit hierüber gekommen ist, scheint die in Cäsar's Commentar vom afrikanischen Krieg (dem 46. Kapitel der Amsterdamer älteren Ausgabe) enthaltene Nachricht zu sein: „Es ereignete sich um diese Zeit bei der Armee Cäsar's eine ganz ausserordentliche Erscheinung. Im Monate Februar zog zur Zeit der zweiten Nachtwache plötzlich eine dicke Wolke herauf, welche mit einem Hagel von Steinen begleitet war; und in derselben Nacht sah man die Spitzen der Wurfspiesse der fünften Legion leuchten.“ — Seneca erzählt in seinen *Quaest. nat.*, Kap. I: „Es setzte sich ein Stern auf die Lanze des Gylippus, als er nach Syrakus segelte; und im Römischen geriethen die Wurfspiesse von dem darauf gefallenen Feuer in Brand.“ — Titus Livius erwähnt im 32. Buch seiner *Hist.*, Kap. I: „Man sah die Spiesse einiger Soldaten in Sicilien, und in Sardinien einen Stock, welchen ein die Runde machender Reiter in seiner Hand hielt, Flammen sprühen, ohne zu verbrennen.“ — Plinius erzählt im 2. Buche seiner *Hist. nat.* von Sternen, die zuweilen auf die Masten der Schiffe, zuweilen auch auf die Häupter der Men-

schen sich zu setzen pflegen: „Es entstehen zuweilen auf dem Meere und auf dem Lande Sterne (*Existunt stellae et in mari terrisque*). Ich habe gesehen, wie bei den nächtlichen Wachen der Soldaten, auf ihren Spiessen vor dem Walle ein sternartiger Glanz gesessen sei. Ebenso sitzen dergleichen auf den Segelstangen der Schiffer und auf anderen Theilen der Schiffe, gleichsam mit einem lauten Geräusche, und verändern, wie die Vögel ihre Sitze, indem sie von einer Stelle zur anderen hüpfen. Kommen dergleichen Sterne einzeln, so bedeuten sie Schiffbruch, und es verbrennen die Schiffe, in deren Untertheil sie fallen; erscheinen sie zweifach, so bedeuten sie Glück, und zeigen eine glückliche Fahrt an. Man sagt, durch ihre Ankunft soll die unglückliche und gefährliche Flamme, welche sie Helena nennen, verjagt werden u. s. w. — Oft befindet sich auch in späten Abendstunden, was gewiss etwas Wichtiges bedeutet, um die Häupter mancher Personen ein Glanz. Der Grund von allen diesen Erscheinungen ist ungewiss, und liegt in der Majestät der Natur verborgen“ [48].

Auch in späteren Zeiten hatten die Seefahrer noch ähnliche Vorstellungen von diesen elektrischen Lichterscheinungen. In der von dem Sohne Columbus geschriebenen *Historia del Almirante* heisst es: „In der Nacht vom Sonnabend (October 1493, auf der zweiten Reise des Columbus) donnerte und regnete es sehr stark. St. Elm zeigte sich dann auf der Oberbramstange mit sieben angezündeten Kerzen, d. h. man bemerkte Feuer, welche die Matrosen für den Körper des Heiligen halten. Sogleich hörte man auf dem Schiffe eifrig Litaneien singen und Gebete sprechen, denn die Seeleute sind fest überzeugt, dass die Gefahr des Sturms verschwunden ist, sobald St. Elm erscheint. Wie sich auch mit dieser Ansicht verhalten mag u. s. w.“ [49].

Es scheint, dass diese Vorstellungsweise, vermöge welcher diese Feuer mit angezündeten Kerzen verglichen werden, schon in der Mitte des 17. Jahrhunderts verschwunden war. Forbin erzählt hierüber: „Im Jahre 1696 entstand plötzlich während der Nacht ein sehr dunkles Gewölk, dem ein von fürchterlichen Blitzen begleitetes Unwetter folgte. Da ein grosser Sturm befürchtet wurde, so liess ich alle Segel einziehen. Auf dem Schiffe sah man mehr als dreissig St. Elmsfeuer. Eines derselben befand sich oben auf der Spitze der Windfahne des grossen Mastes; es hatte mehr als anderthalb Fuss Höhe. Ich schickte einen Matrosen hinauf, um es herunter zu bringen. Als dieser oben angekommen war, rief er, das Feuer verursache ein Geräusch, wie wenn man angefeuchtetes Schiesspulver anzünde. Ich befahl ihm, die Fahne abzunehmen und damit herunter zu kommen. Kaum hatte er sie aber ausgehoben, so verliess das Feuer die Fahne, setzte sich auf das Ende des Mastes und konnte auf keine Weise von diesem entfernt werden. Es blieb ziemlich lange an der Stelle, bis es sich nach und nach verzehrte. Der gedrohte Sturm hatte weiter keine Folgen, als einen starken Regen, der einige Stunden dauerte, worauf es wieder schönes Wetter wurde“ [50].

Aehnliche Beispiele von sogenannten St. Elms-Lichtern finden wir von den Beobachtern in den verschiedenen Zeitaltern bis zur neueren Zeit aufgeführt.

„An dem sogenannten spitzen Thurm zu Winterthur sah man am 4. Januar 1556 Abends 7 Uhr bei starkem Schneegestöber eine Flamme, deren Zischen auch auf grössere Entfernung gehört wurde. Dieselbe Erscheinung wurde später öfters wahrgenommen. Als im Jahre 1700 der Thurm neu gedeckt wurde, öffnete man auf Veranlassung einiger leichtgläubiger Personen den Thurmknopf, in der Absicht, in diesem einige heilige Geheimnisse zu entdecken. Das St. Elmsfeuer erschien aber auch nach jener Zeit nicht bloss an dem neubelegten Thurm, sondern auch an den Knöpfen kleinerer Thürme“ [51]. — Mehrere interessante Fälle dieser Art werden von Reimarus erzählt: „An dem Peterthurm zu Nordhausen, der auf einem hohen, über die höchsten Gebäude der Stadt hervorragenden Berge steht, wurden am 2. Februar 1749, Abends 6 Uhr, bei starkem Sturm aus NNW. und Schneefall bläuliche 1½ Zoll hohe und ½ Zoll breite Flammen an den eisernen Stangen der den Thurm umgebenden, 112 Fuss vom Boden entfernten Gallerie wahrgenommen. Dieses Licht verbreitete ein summendes Geräusch, zeigte aber keine Wärmewirkungen, und wurde vom Winde nicht afficirt Schon im Jahre 1747 wurde während eines starken Gewitters eine ähnliche Erscheinung an einer Stange der Gallerie auf der südwestlichen Ecke wahrgenommen. Ohngefähr zwölf Jahre später wurde der Thurm von einem Blitzschlage getroffen, und dabei der Knopf von der obersten Spitze abgeschlagen.“ — „Bei einem heftigen Gewittersturm sah man im Jahre 1770 auf dem Thurme zu Hohen-Gebrachim (bei Regensburg) einen hellen Feuerbusch. Einige Personen liefen herbei, um das vermeintliche Feuer zu löschen, als Jeder auf dem Kopf seiner Nachbarn einen hellen Feuerschein bemerkte. Die Flamme am Thurm nahm an Grösse zu, und schien über das ganze Thurmkreuz sich zu erstrecken. Nachdem es eine Stunde angedauert hatte, verschwand es plötzlich, und gleichzeitig erfolgte ein Blitzschlag gegen einen in einem benachbarten Garten befindlichen Baum“ [52]. Dieses Phänomen soll nach Mittheilung von Watson seit undenklichen Zeiten zu Plauzet (in Frankreich) wahrgenommen werden, „wo nach Angabe des Pfarrer Binon während 27 aufeinander folgender Jahre bei starken Gewittern die drei Spitzen des Kirchthurmes dieses Ortes mit einer Feuerflamme umgeben gewesen waren. Sobald dieses Licht erschien, hielt man sich sicher, dass das Gewitter ohne Beschädigungen vorüberginge“ [53]. — Die hier erwähnten Fälle stehen nicht vereinzelt da, es werden vielmehr viele derselben, insbesondere aus dem vorigen Jahrhunderte in den bereits citirten Quellen aufgezählt; man würde dieselben weit erklecklicher für theoretische Grundlagen verwenden können, wenn, anstatt der umständlichen Beschreibung der Erscheinung, insbesondere die Oertlichkeit, die nähere Beschaffenheit der Bauwerke, wo sie sich zeigte etc., gehörig auseinander gesetzt worden wäre. Es muss bemerkt werden, dass die meisten Thatsachen dieser Art, wie sie in den betreffenden Quellen aufgeführt sind, insbesondere in den Wintermonaten beobachtet wurden, und dass zur Zeit des Auftretens dieser Erscheinungen grossentheils stürmisches Wetter und in den meisten Fällen Schneegestöber stattfand. Dass übrigens diese elektrischen Erscheinungen auch im Sommer vorkommen, möchten die folgenden Thatsachen zeigen: „Der Schweizer, welcher der Frau von Laroche die Wasserwerke zu Marly zeigte, wünschte, dass sach-

kundige Personen in seinem Hause einige Tage im Sommer zubringen möchten, um den herrlichen Anblick zu geniessen, bei einem nächtlichen Gewitter das schönste Feuerwerk zu sehen, indem die eisernen Stangen an den Pumpwerken alle mit kleinen Flammen besetzt wären, die sich den Berg auf und ab bewegten, wie solches noch vor vier Tagen geschehen wäre. Jedesmal, wenn ein Gewitter im Thal herzöge, bewundere er dieses Schauspiel"[54]. — SCHÜBLER erzählt: „Auf dem isolirt stehenden Hohen-Rechberg am nordwestlichen Rand der schwäbischen Alp steht eine Kirche mit drei eisernen Kreuzen ohne Gewitterableiter; an schwülen Sommernächten während nahen Gewittern geschieht es nicht selten, dass diese Kreuze mit glühend rother Farbe leuchten; in dem letzten Sommer war dieses namentlich bei dem starken Gewitter vom 8. September der Fall; das Gewitter ging vorüber, ohne einzuschlagen. Bei dem wirklichen Einschlagen bemerkten einige Beobachter in diesem Sommer kurze Zeit zuvor blaue Flämmchen oder einen blaulichen Schein auf der Spitze der Gebäude oder anderer freier Gegenstände"[55]. — ARAGO erwähnt: „Im Jahre 1783 machte SAUVAN bekannt, dass er am 22. Juli in einer stürmischen Nacht drei Viertelstunden hindurch eine Lichtkrone um die Kugel des Kirchthurmes des Grands-Augustins in Avignon wahrgenommen habe." — „Als SAUSSURE und JALLABERT auf dem Gipfel einer der hohen Alpen von einem Gewitter überrascht wurden, sahen sie aus ihren Fingern Funken ausfahren, wenn sie den Arm ausstreckten. Stärker wurden diese Erscheinungen an dem metallenen Hutknopfe JALLABERT's wahrgenommen. Sie empfanden auch dasselbe Gefühl, als ob elektrische Funken aus dem Körper ausgezogen würden. Die Erscheinung dauerte während des Gewitters — durch eine Viertelstunde — an"[56].

Unter den zur neuesten Geschichte der elektrischen Entladungen in der Atmosphäre gehörigen Fällen will ich bloss die folgenden anführen: „Während des Gewitters am 8. Januar 1839, wo der Blitz in den Kirchthurm zu Hasselt einschlug, beobachteten Landleute, welche sich auf dem Deiche zwischen Zwoll und Hasselt in den Umgebungen letzterer Stadt befanden, eine eigenthümliche Erscheinung. Wenige Augenblicke vor dem Ausbruche des Blitzes bemerkten sie, dass ihre Kleidungsstücke ganz mit Feuer bedeckt waren. Nachdem sie vergeblich sich angestrengt hatten, diess Feuer hinwegzuschaffen, richteten sie ihre Blicke nach den umliegenden Gegenständen, und bemerkten mit Schrecken, dass die Bäume und Masten in demselben Lichte schimmerten. Der Blitzschlag erfolgte, und sofort verschwanden die Flammen." — Bezüglich anderer Thatsachen aber, unter Anderem auch solcher, die für nicht hervorragende Gegenstände angeführt werden können, verweise ich auf die Werke, wo solche Fälle in grösserer Zahl gesammelt enthalten sich vorfinden[57]. — „Als der Lieutenant LÉDINGHEN am 7. August 1840 von Blida nach Douéra ritt, bemerkte er während eines Gewittersturmes reichliche Funken aus den Metallfransen seiner Epaulette aussprühen"[58].

Im IV. Bde. der Wiener meteorologischen Jahrbücher findet sich folgendes Ereigniss aus Salzburg erwähnt: „Am 18. Februar 1852 um 8^h Abends gegen W. ein fernes heftiges Gewitter mit Blitz und Donner und so auffallendem Elmsfeuer, dass die Leute in dem vier Stunden weit entfernten Teisendorf vor

Schreck, es brenne die Kirchthurmsspitze, den Thurm abzutragen sich anschickten und erst ihren Irrthum einsahen, als man den Kirchthurm bestieg."

Eine genaue Erklärung über die Erzeugungsweise dieser elektrischen Phänomene zu geben, erscheint unter den gegenwärtigen Umständen noch nicht für möglich. Ich glaube jedoch, dass man dieselben namentlich auf zwei Klassen zurückführen kann, wovon die zur ersten Klasse gehörigen entweder nur im Winter, oder zu Zeiten erscheinen, in denen die eigentlichen Gewitter nur selten sind, während die der zweiten Klasse angehörenden nur während der Gewitterausbrüche in den Sommermonaten vorzukommen scheinen. Diese möchten daher als Influenzwirkungen, welche die elektrisirten Wolken gegen irdische Objecte ausüben, angesehen werden dürfen, während alle Vorgänge, welche die Erscheinungen der ersten Klasse in den meisten Fällen begleiten, eine derartige Erklärung nicht zulassen. Ob dieselben als Ladungserscheinungen an nicht isolirten und mit der Erde in unmittelbarer Berührung stehenden Körpern angesehen werden dürfen, darüber können wir in diesem Augenblicke ein Urtheil noch nicht aussprechen. Jedenfalls muss ich bemerken, dass die hierüber herrschenden Erklärungsweisen die Dunkelheiten dieser Phänomene im Allgemeinen nicht genügend aufzuklären vermögen, weshalb ich bloss auf jene Quellen hinweise, ohne die Einzelheiten hierüber hier weiter aufzuführen [59].

Diesen Erscheinungen, welche an irdischen Objecten wahrgenommen werden können, möchte diejenige sich anreihen, vermöge welcher zuweilen eigenthümliche Lichterscheinungen an Gewitter- und Regenwolken wahrgenommen worden sind. Beccaria, der bekanntlich der Einwirkung der Elektricität bei der Bildung meteorischer Niederschläge eine Hauptrolle einräumen zu müssen für seine innigste Ueberzeugung hielt, bemerkt, dass er Nachts innerhalb der Wolken bei trübem Himmel Licht wahrgenommen, und sogar bei Tage zuweilen Regenwolken gesehen habe, die einen hellen Lichtglanz verbreiteten, ohne dass dieser von der Sonne herrühren konnte [60]. — Die elektrischen Erscheinungen der Wolken hat Arago mit Gründlichkeit verfolgt, und die Thatsachen, die hierüber von ihm in genauer Weise mitgetheilt werden, weisen die Umstände, unter denen dieselben auftreten, entschieden nach. Zu den interessantesten dieser Thatsachen gehört die folgende: „Während seiner Reisen zur Bestimmung der isodynamischen Linien in Schottland blieb der (damalige) Major Sabine mehrere Tage in dem Lough-Scavig der Insel Sky vor Anker. Diese Insel wird von kahlen und hohen Bergen eingeschlossen, unter welchen man einen bemerkt, der fast immer von einer Wolke eingehüllt wird. Diese Wolke entsteht aus dem Niederschlage der Dämpfe, welche durch die fast unausgesetzt wehenden Westwinde vom atlantischen Ocean dorthin geführt werden. In der Nacht leuchtete diese Wolke von selbst und ohne Unterbrechung. Mehrere Male sah überdiess Sabine Strahlen, ähnlich wie beim Nordlichte, aus ihr hervorgehen. Er weist mit Bestimmtheit die Vermuthung zurück, dass man diese Strahlen wirklichen, nahe am Horizonte stehenden, aber durch Berge einer directen Beobachtung entzogenen Nordlichtern zuschreiben müsse. Nach seiner Meinung hatten alle diese continuirlichen und intermittirenden Lichterscheinungen, wie auch sonst ihre Natur beschaffen sein mochte, ihren Grund in

den Wolken“. Auch die gewöhnlichen Nebel sollen phosphorescirende Eigenschaften haben, worüber ROBINSON in Armagh zu verschiedenen Malen Beobachtungen gemacht haben soll. Diese Eigenschaft, in hohem Grade zu phosphoresciren, soll ferner durch fremdartige Substanzen, die der Atmosphäre bisweilen beigemengt sind, herbeigeführt werden. — Der trockene Nebel von 1783 soll — nach ARAGO — „der Heerd, vielleicht auch die Ursache zahlreicher Gewitter gewesen sein“. — Aus seinen Bemerkungen über diese räthselhafte Erscheinung leuchtet hervor, dass die Annahme nicht ungerechtfertiget sein dürfte, vermöge welcher die Wolken, bald in grösserem, bald in geringerem Grade ein selbstständiges phosphorescirendes Licht haben, dessen Natur also auch höchst wahrscheinlich von dem elektrischen nicht verschieden sein könnte [61].

Einen interessanten Beitrag zur Geschichte dieser Erscheinungen lieferte SCHNEIDER [62]. An einem sehr heissen Junitage des Jahres 1842 befand sich derselbe auf den Gebirgen der linken Moselseite, in dem Dorfe Herfort (Regierungsbezirk Trier). Dort beobachtete er Nachts gegen 1 Uhr und von dieser Zeit an durch mehrere Stunden eine selbstleuchtende Nebelwolke von rundlicher Form, die etwa 56° über dem Horizonte stand, den doppelten scheinbaren Durchmesser des Mondes hatte, und die unter fortwährendem Ausstrahlen mit weisslichem Lichte ihre Stelle nicht änderte. Im Innern gab sich eine fortwährende Bewegung kund, indem einzelne verdichtete Theile rasch sich vom Centrum nach der Peripherie hin zu bewegen schienen, und diese öfters um ein Viertel des Durchmessers überschritten, so dass das Ganze ein sternförmiges Ansehen erhielt. Um $2\frac{1}{2}$ Uhr wurden am Horizonte drei deutliche, eine flammenartig geschwungene Erleuchtung bildende Blitze gesehen, welche sich in Intervallen von wenigen Minuten ohne alles Geräusch folgten, wobei aber der Himmel wolkenlos blieb. Das Wölkchen wurde dann noch während einer Stunde an seiner Stelle bleibend, aber in steter Formänderung begriffen, beobachtet. Um 7 Uhr Morgens bemerkte SCHNEIDER an derselben Stelle ein ganz unregelmässig gestaltetes, vielfach gewundenes und zerrissenes Wölkchen, das noch immer allein als Wolke am Himmel bis gegen 8 Uhr beobachtet wurde. In seinen Erörterungen hierüber deutet er auf eine grosse Aehnlichkeit zwischen dieser Erscheinung und einem Nordlichte hin. — Eine andere mit dieser in Zusammenhang stehende Erscheinung beobachtete SCHNEIDER auf einer Reise in Holland bei Nymwegen an dem sehr heissen 5. Juli 1845, Abends gegen 6 Uhr nach einem sehr heftigen Gewitter; bezüglich der Einzelheiten dieses Phänomens verweisen wir auf die Beschreibung selbst.

Hierher möchten auch die von MÖSTA erwähnten Lichtphänomene gehören, die man wenige Stunden nach Sonnenuntergang in den Wintermonaten hinter dem Rücken der Cordillere und an einem isolirten Bergrücken in der Nähe des Städtchens Anillota in Chili nicht selten zu beobachten Gelegenheit hat [63].

Endlich darf zur Ergänzung der über diese räthselhaften elektrischen Licht-Erscheinungen an der Erde und in der Atmosphäre erwähnten Thatsachen nicht unbemerkt bleiben, dass selbst die Regentropfen, der Graupelregen und die Schneeflocken ein eigenthümliches Leuchten zuweilen zeigten, wobei die Natur von elektrischen Entladungserscheinungen ebenfalls nachgewiesen worden ist.

Ob der Regen und Schnee erst beim Auffallen auf die Erde, oder schon während des Herabfallens als leuchtend erschienen, möchte nur sehr schwierig aus den hierüber bekannt gewordenen Thatsachen zu entnehmen sein. So erwähnt Schübler [64], dass am 26. October 1824 Abends während eines Gewitters in Würtemberg die fallenden Regentropfen leuchtend waren, so dass es schien, als ob es Feuer regnete, und die auf die Erde überströmende Elektricität war so stark, dass Personen, die während dieses Regens über Feld nach Hause gingen, ihre Haare wechselseitig leuchten sahen. — Lampadius nahm bei einem heftigen Schneegestöber am 25. Januar 1822 am geöffneten Fenster einen starken elektrischen Geruch wahr, und ein ins Freie gehaltenes Bennet'sches Elektroskop zeigte sehr starke Divergenz der Goldblättchen an. Drei Bergleute, welche im Freien von dem Unwetter überfallen wurden, sahen die herabfallenden Graupelkörner leuchtend, konnten aber sonst nichts wahrnehmen, da sie die Augen kaum offen zu halten vermochten [65]. — Hingegen erzählt Arago mehrere Fälle, von denen einer am Abend des 22. September 1773 zu Skara während eines Gewitterregens, ein anderer während eines heftigen Gewitters in der Nähe von London am 19. Mai 1809 vorkam, und wobei die Regentropfen bei ihrer Ankunft auf der Erde stark leuchtend wurden. Endlich aber bemerkt noch Arago, dass Reisende während eines Gewitters den Speichel, fast bei seinem Austritte aus dem Munde leuchtend sahen, und dass dieser Beobachtung eine gewisse theoretische Wichtigkeit beigelegt werden dürfe [66].

Ich bin der Ansicht, dass die Regentropfen eines Gewitterregens diese Erscheinung nicht selten zeigen, dass aber dieselbe schon während des Herabfallens des Regens wahrgenommen wird, und nicht erst bei dem Auffallen auf der Erde zur Entstehung komme, und dass überhaupt dieses Phänomen in Folge der zwischen Wolke und Erde eintretenden partiellen Entladung zu Stande kömmt. Die von Tralles aufgestellte Hypothese, vermöge welcher die Regentropfen während des Herabfallens in Folge der Reibung mit der Luft den elektrischen Zustand annehmen sollen, wird durch die bis jetzt hierüber bekannt gewordenen Erfahrungen nicht unterstützt.

Indem ich die Erscheinungen des sogenannten Wetterleuchtens, die mit Gewittern immer zusammenhängen, übergehen zu dürfen glaube, und in dieser Beziehung auf Forschungen Arago's, sowie auf die interessante Arbeit Raillard's [67] verweise, so bemerke ich, dass zuweilen auch die sogenannten Irrlichter, insoferne sie nicht aus leicht entzündbaren oder aus leuchtenden Dämpfen von Phosphorwasserstoff- etc. Verbindungen erzeugt werden, zu den elektrischen Lichterscheinungen gehören dürften.

§. 51. Elektrische Erscheinungen an den Telegraphen-Leitungen.

Seit der Zeit, in welcher auf grössere Strecken unter Einschaltung der Erdschichten telegraphische Leitungen angelegt worden sind, hat man im Laufe eines jeden Jahres oft Gelegenheit, elektrische Phänomene zu beobachten, deren Auftreten und Wirksamkeit den früheren Zeiten unbekannt bleiben musste. Da die eigentlichen Störungen, wie sie an den elektrischen Telegraphen-Einrichtungen

vorkommen, so complicirt sind, dass sie, ohne auf die eigentliche Telegraphen-Technik einzugehen, nicht deutlich genug erörtert werden können, so muss ich mich damit begnügen, bei dieser Gelegenheit bloss einige derjenigen Erscheinungen in Erwähnung zu bringen, die in Telegraphen-Leitungen beobachtet wurden, und deren Zusammenhang mit den Gewittern entweder als unzweifelhaft angesehen, oder deren Auftreten von der sogenannten Wolkenelektricität als abhängig wenigstens vermuthet werden darf.

Ich bemerke im Voraus, dass diese Erscheinungen, von welchen ich nun einige namhaft machen will, stets unter gleichen Umständen wahrgenommen worden sind, insofern nämlich, als sie schwächere oder stärkere Störungen in dem Telegraphen selbst hervorbrachten. — Man denke sich nämlich, vollkommen von dem Erdboden isolirt, einen Metalldraht von einem Orte nach einem entfernten hin — über isolirte Träger hinweggehend — in der Luft ausgespannt, und die Enden dieses Drahtes in dem möglichst unisolirten Zustande mit der Erde in Berührung gebracht, so hat man beiläufig eine den gewöhnlichen — oberirdischen — telegraphischen Leitungen ähnliche Anordnung. Schaltet man nun an jedem der beiden Orte ein Rheoskop von etwa der Art in den Leitungsdraht ein, wie ein solches oben (S. 177) beschrieben wurde, dessen Empfindlichkeit aber eine grössere sein muss, wie die des dort erwähnten, so hat man zugleich eine Einrichtung, die uns gestattet, Stromeswirkungen irgend welcher elektrischer Erregungsquellen wahrzunehmen. Ein solches System wollen wir uns, da in dem gegenwärtigen Abschnitte auf weitere und zusammengesetztere Einrichtungen nicht eingegangen werden kann, nunmehr vorstellen, um die in Rede stehenden Erscheinungen betrachten zu können. — Die ganze Einrichtung, von der ich soeben gesprochen habe, nämlich: ein in sich zurückkehrender Leiter der Elektricität, von welchem ein Theil ein über der Erde ausgespannter Draht ist, den zweiten Theil aber die zwischen den beiden Stationen befindliche unbegrenzte Erdstrecke (deren Berührung mit dem Drahte gewöhnlich durch grosse Metallplatten, die in das sogenannte Horizontalwasser eingelegt werden, hergestellt wird) ausmacht, sollte nun eigentlich keine Stromeswirkungen an den eingeschalteten Rheoskopen zeigen können, da ja eine eigentliche Stromquelle nicht vorhanden ist. Dennoch zeigen sich derlei Wirkungen, und es scheint sogar, dass mannigfache Veranlassungen zur Entstehung solcher Strömungen von Zeit zu Zeit, und man möchte fast sagen, zu jeder Zeit vorhanden sein können.

Unter diesen Stromeswirkungen wollen wir nun kurz bloss diejenigen ins Auge fassen, welche von eigentlichen Entladungsströmungen herrühren. Das Charakteristische, welches diese, sowie die durch Induction entstandenen von den durch andauernde und continuirlich wirkende Stromquellen erzeugten unterscheidet, besteht darin, dass sie eine gewisse Schlagweite besitzen, dass sie also auch dann zu Stande kommen können, wenn der Schliessungsbogen an einer oder an mehreren Stellen Lücken oder Unterbrechungen hat, die die Grenzen der Schlagweite nicht übertreffen, und dass solche bei offenem Leitungsbogen zu Stande kommenden Ladungsströme selbst unter Einschaltung der bedeutendsten Leitungswiderstände noch ungeschwächt ihre Wirkungen ausüben, während die

durch andauernd und stetig wirkende Stromquellen erzeugten Ströme diese Eigenschaften nicht besitzen.

Das Auftreten solcher Entladungsströme in den Telegraphenleitungen ist sowohl während eines Gewitters, als auch ohne dieses atmosphärische Ereigniss beobachtet worden. Es wäre interessant, bezüglich der Häufigkeit dieser Erscheinungen, und der Umstände, unter denen sie vorkommen, genaue Beobachtungen aus mehreren Jahren zu besitzen; man würde durch solche Thatsachen auf ihre Entstehungsweise vielleicht nach und nach gelangen, während durch die Beschreibung der zerstörenden Wirkungen, welche sie als Begleiter hatten, auch wenn jene noch so grossartig gewesen waren, für eine theoretische Grundlage im Allgemeinen wenig Erhebliches gewonnen wird. Unter allen den Quellen, die mir für diese Untersuchung zur Benutzung vorliegen, finde ich bloss in einer derselben einigermassen regelmässige Aufschreibungen, die sich fast auf zwei Jahrgänge erstrecken. Es sind diess die Beobachtungen über aussergewöhnliche meteorische Erscheinungen der Telegraphenstation Adelsberg (in Illirien), und ausser diesen kann ich noch die einjährigen der Telegraphenstation zu Cilli (in Steiermark) anführen. Die Beobachtungen aus Adelsberg sind deshalb für den vorliegenden Zweck um so interessanter, weil dieser Ort von Gebirgen eingeschlossen ist, während Cilli bloss in der Nähe einer Hügelreihe sich befindet [68].

Die Zahl der Fälle, in welchen solche Entladungen an den telegraphischen Apparaten durch die sogenannte Einwirkung der Luftelektricität auf der Station Adelsberg in den Jahren 1850 und 1852 sowie in Cilli im Jahre 1852 vorkamen, habe ich in der folgenden Tabelle zusammengestellt, und diesen zugleich auch einige andere Aufzeichnungen beigefügt:

Monat	Adelsberg						Cilli 1852		
	1850 Tage mit			1852 Tage mit			Tage mit		
	Nebel	Gewittern	Störungen	Nebel	Gewittern	Störungen	Nebel	Gewittern	Störungen.
Januar	0	0	(?) —	15	0	0	..	..	..
Februar	3	0	0	0	1	1	..	..	..
März	0	1	1	1	0	0	..	..	..
April	0	0	2	3	0	0	5	1	0
Mai	2	6	2	5	4	7	2	2	3
Juni	0	6	2	4	8	8	5	2	2
Juli	3	8	1	2	14	18	0	11	4
August	3	8	2	8	10	7	7	6	2
September	3	1	0	7	6	2	5	3	4
October	7	6	1	13	4	0	9	3	3
November	5	1	1	12	4	1	12	1	0
December	6	0	0	14	2	1	11	0	0
Summen:	32	37	12	84	53	45	56	29	18

Betrachtet man die vorstehenden Zahlen, welche die an den Telegraphenapparaten durch Gewittereinflüsse beobachteten Störungen angeben, so sieht man zwar, dass sie durch regelmässige Aufschreibungen nicht gewonnen sind, und dass eigentlich nur die für Adelsberg aus dem Jahre 1852 der Wahrheit sich einigermassen nähern dürften, aber dennoch lässt sich erkennen, dass in Gebirgsgegenden die Störungen häufiger als in der Ebene sind. Ausserdem ist es nicht unmöglich, dass keine Störungen zuweilen bei Gewittern vorkamen, und zwar deshalb, weil vielleicht die Ausgleichung der Elektricitäten zweier entfernten Punkte durch die Telegraphenstangen selbst vor sich gehen konnte, ohne dass die Stationen hievon berührt wurden, denn die Erfahrung zeigt auch, dass die durch die Wolkenelektricität herbeigeführten Störungen in den Telegraphen um so grösser sind, je vollkommener die Isolation der oberirdischen Leitung hergestellt und erhalten wird. W. Siemens, der diese Störungen schon vor einem Jahrzehent aufmerksam verfolgte, bemerkt unter Anderem, dass während der Unterbrechung des telegraphischen Schliessungsbogens bei vollkommener Isolirung freie Elektricität im Drahte sich ansammelt, welche darauf beim Schliessen der Kette Störungen verursacht. Diese freie Elektricität sei namentlich in gebirgigen Gegenden eine Quelle steter Störungen [69].

Was den Hergang dieser durch die Wolkenelektricität hervorgebrachten Störungen betrifft, so wird derselbe von verschiedenen Beobachtern in ziemlich übereinstimmender Weise beschrieben *.

J. Henry entnimmt aus den Thatsachen, die ihm theils durch sorgfältige Beobachter auf den vorzüglichsten amerikanischen Telegraphenlinien mitgetheilt worden, theils aus den durch eigene Wahrnehmung während des Gewittersturmes am 19. Juni 1846 angestellten Beobachtungen (wobei die von Henry geäusserten theoretischen Ansichten bei dieser Gelegenheit ausgeschlossen bleiben sollen):

1. Die Drähte des Telegraphen können von einer directen Entladung des Blitzes aus den Wolken getroffen werden. Am 20. Mai 1846 schlug der Blitz in den oberen Theil des Drahtes, welcher von einem hohen Mastbaume auf dem Platze, wo der Telegraph über den Hackinsackfluss geht, getragen wird. Hiebei erstreckte sich die Entladung längs des Drahtes auf sieben englische (beiläufig 1,4 deutsche) Meilen, und schlug dabei in unregelmässigen Zwischenräumen in die Tragstangen ein. Aehnliches fand bei einem anderen Gewittersturm statt, wobei der Draht an zwei Stellen zwischen Philadelphia und New-York getroffen wurde. (Das, was also Henry hier erwähnt, deutet offenbar auf mehrfache Blitzesentladungen hin, die unmittelbar auf einander folgten, während ein einfacher Blitzschlag, der ausserdem zu den Seltenheiten gehört, und bei Wintergewittern vorzugsweise eintreten kann, von derlei Erscheinungen kaum begleitet ist.)
2. Der Zustand der Telegraphenleitung kann durch einen elektrischen Strom von einer Strecke zur anderen, ohne Einwirkung einer Gewitterwolke

* Eine kurze geschichtliche Zusammenstellung aller dieser und anderer für die Telegraphentechnik interessanter Störungserscheinungen, wie sie an verschiedenen Orten in den Telegraphenanlagen beobachtet wurden und deren Einzelheiten zur näheren Kenntniss gekommen sind, ist für den dritten Abschnitt dieser Schrift vorbehalten.

eine Störung erfahren, und dieser Fall kann bei einer langen Linie eintreten, wenn der elektrische Zustand der den Draht an einer Stelle umgebenden Atmosphäre verschieden ist von demjenigen an einer anderen Stelle. So wurden Ströme beobachtet, die von hinreichender Kraft waren, um die zeichengebende Maschinerie des Telegraphen in Bewegung zu setzen. In einem Falle begann der Apparat, ohne dass die Batterie eingeschaltet war, zu arbeiten, während am einen Ende der Telegraphenstrecke Schnee fiel und am anderen heiterer Himmel war. In einem anderen Falle ging der Strom an einer Stelle, wo die Leitung unterbrochen war, von einem Ende zum anderen über, und glich dabei einem erlöschenden Gaslichte.

3. Auch durch sich nähernde und entfernende Gewitterwolken können Störungen erzeugt werden, indem durch Vertheilung in dem Schliessungsbogen Elektricität erzeugt werden kann, die Entladungen zur Folge hat, wenn die vertheilende Einwirkung der Gewitterwolken aufgehört hat.
4. Mächtige elektrische Ströme werden in den Telegraphendrähten durch die Einwirkung dynamischer Induction bei jedem Blitzschlage erzeugt, welcher im Umkreis von vielen (englischen) Meilen der Telegraphenlinie eintritt.

Dieses schliesst Henry aus seinen im Jahre 1843 angestellten Untersuchungen einerseits, andererseits aber aus neueren Erfahrungen. So sollen auf einer Eisenbahn an den Stellen, wo die Schienen zusammenstossen, bei jedem Blitze einer entfernten Gewitterwolke Funken wahrgenommen worden sein. Aehnliche Wirkungen sollen auch im Telegraphen-Bureau zu Philadelphia am 19. Juni (1846) von ihm beobachtet worden sein. Die einzelnen Funken, welche in der um weniger als 1 Zoll unterbrochenen Leitung während eines heranziehenden Gewitters beobachtet wurden, wurden zu derselben Zeit wahrgenommen, als jedesmal ein Blitz zwischen den Wolken gesehen wurde [70].

Ehe wir auf diese Ladungserscheinungen und Stromeswirkungen eingehen, wollen wir zuerst noch einige von anderen Beobachtern veröffentlichte Thatsachen in Erwähnung bringen.

Casselmann erzählt [71] folgendes Ereigniss: Am 19. Juli 1847 entlud sich in der Nähe von Höchst und Frankfurt gegen Abend ein starkes Gewitter mit heftigen Regengüssen. In demselben Augenblicke, als Blitz und Donner gleichzeitig wahrgenommen wurden, gewahrte man im Stationsgebäude zu Frankfurt am Telegraphen aus einer Winkelbiegung des Drahtes einen sehr dicken, 2 bis 3 Fuss langen, blauen Feuerstrahl „mit einem, einem Pistolenschusse ähnlichen Knall hervorspringen. Dasselbe Phänomen wiederholte sich bei mehreren der folgenden Schläge.“ Ein dünner Nebenschliessungsdraht wurde dabei abgeschmelzt. Auf der Station Hochheim sah man Funken an dem Draht. Zwischen Frankfurt und Höchst, in der Nähe des Rebstocker Hofes, wurden durch das Gewitter 18 der tannenen Telegraphenstangen mehr oder weniger zersplittert und zerrissen, und zwar fünf in solcher Weise, dass sie in Stücke zerfielen und ganz ausgewechselt werden mussten u. s. w.“ — Ob nun diese Entladungen direct von den Gewitterwolken ausgingen, also eigentliche sogenannte Blitzschläge waren, oder ob nur die Influenzelektricität und der nach Entladung der Wolken-

elektricität eingetretene Rückstrom jene Wirkungen hervorgebracht hat, oder ob vielleicht elektrodynamische Induction auch dabei wirksam war, lässt sich nicht angeben. Diese Ladungs- und Entladungserscheinungen waren mit ihren Wirkungen viel zu complicirt, als dass man mit Gewissheit die eine oder die andere dieser Erklärungsweisen zugeben kann. Es möchten vielleicht diese sämmtlichen Erscheinungen hier vorgekommen sein, ja man muss sogar aus diesen Thatsachen schliessen, dass jede einzelne jener Entladungserscheinungen durch wiederholte in äusserst kurzen Zeitintervallen aufeinander gefolgten Ladungen und Entladungen erzeugt worden ist, wofür auch eine andere Thatsache spricht, die von Casselmann am Eingange seines Berichtes erwähnt wird.

Frhr. von Baumgartner erwähnt am Anfange seiner Abhandlung [72] über diesen Gegenstand: „Strömungen (elektrische) in der Luft oder von der Luft zur Erde und umgekehrt, wurden bisher, mit Ausnahme jener zerstörenden Ausbrüche, die man Blitzschläge nennt, und anderer durch Blitzableiter vermittelten, auch nur zur Zeit eines Gewitters bemerkbaren, nicht wahrgenommen. Von solchen kann man sich aber bei telegraphischen Wirkungen überzeugen u. s. w." — Um diese Ströme näher zu untersuchen, wurde auf der südlichen Telegraphenlinie (eine von Wien nach Gratz führende Leitung), die 40 Meilen lang ist, ein empfindlicher Multiplicator eingeschaltet und fleissig beobachtet. Diese Beobachtungen zeigten beiläufig Folgendes:

1. Nur äusserst selten spielt die Nadel auf den Nullpunkt ein, sie weicht bald mehr, bald weniger von der Gleichgewichtslage ab, die ihr durch die Torsion des Coconfadens (an dem die astatische Nadel aufgehängt war) beigebracht wird.
2. Die Abweichungen waren von zweifacher Art: grössere bis zu 50°, kleinere von $\frac{1}{2}°$—8°. So weit die Beobachtungen ausreichten, schien angedeutet zu sein, dass der elektrische Strom bei Tage von Wien und Gratz nach dem höher gelegenen Semmering hinziehe, während bei Nacht seine Richtung umgekehrt ist. „Der Wechsel der Stromwirkung scheint nach Sonnenauf- und Untergang einzutreten".
3. Bei trockener Luft und heiterem Himmel wird der regelmässige Strom durch andere unregelmässige weniger gestört, als bei kühlerer Zeit und bei regnerischem Wetter."
4. Der Strom ist in einer kurzen Leitung stärker, als in einer langen, ja oft ist der Strom in der langen Kette dem in der kurzen gar entgegengesetzt. „Da wo ein Unterschied in der Stromstärke stattfindet, ist derselbe weit grösser, als dass er von dem im längeren Leiter grösseren Leitungswiderstande hergeleitet werden könnte." (Dennoch aber scheint es, dass diese regelmässigen Ströme mehr Aehnlichkeit mit denen der hydroelektrischen Stromquellen haben, als mit den eigentlichen elektrischen Entladungsströmen.) —

„Bei bewölktem Himmel, besonders beim Beginn eines Strichregens oder gar, wenn ein Gewitter am Himmel steht, zeigen sich oft elektrische Ströme, die stark genug sind, um die keineswegs besonders empfindlichen Indicatoren zu afficiren". Schon beim Einziehen der Leitungsdrähte auf der nördlichen

Telegraphenlinie klagten die Arbeiter häufig über einen Krampf, den sie beim Anfassen der Drähte zu fühlen vorgaben; in der höher gelegenen Steiermark kam man aber bald zu der Ueberzeugung, dass dieser Krampf von elektrischen Entladungen herrühre, sie unterblieben auch, als man die Drähte nicht mehr mit blossen Händen anfasste (s. S. 25). Einer der Arbeiter, Namens Hell, erhielt bei Kranichfeld in Steiermark einen so starken Schlag, dass er zusammensank und den rechten Arm nicht bewegen konnte.“ Aehnliches wurde von dem Unterinspector Schnirch bezüglich der Erscheinungen auf der südlichen Linie angegeben. Bezüglich der Wirkung der Gewitterwolken theilt Baumgartner Nachstehendes als durch die Erfahrung bestätiget mit: „Ziehen Gewitterwolken, wenn auch in bedeutender Entfernung längs der Telegraphenlinie hin, so wird der Zeiger des Indicators bleibend abgelenkt. Die Richtung dieser Ablenkung ist verschieden, nach Maassgabe des elektrischen Charakters der Wolke und der Richtung, welche ihre Bewegung in Bezug auf den Leiter befolgt. Nähert sich die Wolke der Telegraphenstation, so dauert die Ablenkung des Zeigers so lange, als diese Annäherung besteht; sobald aber die Wolke anfängt, sich zu entfernen, geht auch die Ablenkung in die entgegengesetzte über. Erfolgt in der Nähe der Station eine Entladung, so wird mit jedem Schlage auch der Zeiger mit Heftigkeit abgelenkt, und oft auch der Magnetismus der Nadel gestört. Schlägt der Blitz in den telegraphischen Leitungsdraht, so läuft der elektrische Strom im Drahte oft auf eine sehr bedeutende Entfernung fort, oder er verpflanzt sich längs der Stützen in die Erde. In letzterem Falle werden die Stützen meistens beschädiget.“ Eine grosse Anzahl von Thatsachen werden bei dieser Gelegenheit vom Verfasser dieser Abhandlung noch mitgetheilt, welche über die mächtigen und zerstörenden Wirkungen dieser Ströme Aufschluss zu geben vermögen, und aus welchen der Fall herausgehoben werden soll, vermöge welchem am 17. August 1847 die Wirkung eines Gewitters in Olmütz auf der 10 Meilen davon entfernten Station Triebitz, wo zu derselben Zeit der Himmel ganz heiter war, sich dadurch zeigte, dass ein an letzterem Orte mit der Drahtspannung beschäftigter Arbeiter beim Anfassen des Drahtes einen fast verletzenden Schlag erhielt, wobei dieser Arbeiter den Schmerz empfand, als hätte er einen sehr heissen Körper berührt.

Die vorstehenden, bis jetzt angeführten Thatsachen werden auch durch Ergebnisse der neuesten Zeit bestätiget; aber es muss jenen noch hinzugefügt werden, dass in anderen vorgekommenen Fällen (wie sie unten zur weiteren Berücksichtigung kommen sollen) auch die oberirdische Leitung zuweilen auf kürzere oder längere Strecken geschmolzen wurde, dass aber die Fälle einer solchen Schmelzung äusserst selten bei der eigentlichen Leitung, hingegen sehr häufig an Nebendrähten etc. vorkommen.

Wenn nun gleichwohl durch eine grosse Zahl von Thatsachen aus dem letzten Decennium das Vorkommen der Störungen durch Gewitterelektricität bestätiget wird, so scheinen mir dennoch diese Beobachtungen noch nicht als ausreichend, um die Entstehungsweise der elektrischen Entladungsströme in den Telegraphenleitungen genügend erklären zu können.

Aus den bisherigen Betrachtungen möchte vor allem hervorgehen, dass zu-

weilen die Leitung selbst — vielleicht an den Tragsäulen — von gewöhnlichen Blitzschlägen getroffen wird, die gleichzeitig an mehreren Stellen auftreten können. Dieser Fall scheint mir aber der am seltensten vorkommende zu sein, wenigstens unter den Umständen, dass der oberirdische Leitungsdraht hiebei die Stelle der Leitung für die Blitzesentladung vertritt. Wir wissen nämlich aus den Erörterungen im vorigen Kapitel, dass bei einer wirklichen und directen Blitzesentladung von einer Wolke gegen ein irdisches Object im Allgemeinen eine so grosse Elektricitätsmenge zur Ausgleichung kömmt, dass Leitungen aus Kupfer- oder Eisendraht, wie sie für telegraphische Zwecke benutzt werden, in den meisten Fällen bis zur Schmelzung erhitzt werden müssten. Man kann daher mit der grössten Wahrscheinlichkeit annehmen, dass directe Blitzesentladungen bei Telegraphenleitungen in den häufigsten Fällen nur die Tragstangen treffen; und dass diese selbst sogar der Entladung oft einen geringeren Widerstand darzubieten scheinen, als der Telegraphendraht, möchte aus den Thatsachen, welche die bedeutende Beschädigung der Stangen bei Gewittereinflüssen nachweisen, hervorgehen. Diese Stangen würden jedenfalls unbeschädiget bleiben, wenn jener Draht der Entladung als Ableiter dienen würde.

Dass aber Entladungsströme längs der Telegraphenleitung, welche zwei oder mehrere Stationen verbinden, in der Wirklichkeit vorkommen, und dass solche bei nahen und entfernten Gewittern sogar sehr häufig sind, haben wir aus den vorstehenden Thatsachen ersehen. Es fragt sich also, woher diese Entladungsströme kommen.

Es muss zugegeben werden, dass diese Ströme in manchen Fällen durch Vertheilung entstehen (s. S. 27), und zuweilen auch als inducirte Ströme (S. 28) angesehen werden können. Die letzteren kennzeichnen sich durch ihre kurze Dauer, ihnen soll — nach der gewöhnlichen Annahme — kein Ladungszustand des Stromleiters vorangehen, und sie möchten daher ihrer Natur nach jedesmal von anderen Strömen nicht so schwer zu unterscheiden sein. Da aber solche momentane Entladungen in Telegraphendrähten aus der Erfahrung nur wenige bekannt sind, und da sogar aus dem Obigen hervorgeht, dass die Leitung in den meisten Fällen in nicht geschlossenem Zustande während der Gewittereinflüsse beständig Ladungserscheinungen zeigen soll, so scheint es, als ob die in Rede stehenden Entladungsströme entweder durch die von der Wolkenelektricität herrührende Vertheilung allein entstehen, oder dass sie vielleicht noch eine andere Entstehungsursache haben.

Bezüglich der etwa durch Vertheilung erzeugten Ströme in den Telegraphenleitungen muss man offenbar vor allem die Frage zu stellen berechtiget sein: „Wo wird denn eigentlich diese Vertheilung in dem telegraphischen Schliessungsbogen erzeugt? Uebt die elektrisirte Wolke diese vertheilende Wirkung auf den oberirdischen Draht allein aus, oder geschieht diese Influenzwirkung nur gegen die Erde, oder wird der ganze Schliessungsbogen seiner ganzen Ausdehnung nach gleichzeitig influencirt?“ — Mir scheint es, als ob diese Frage mit Hülfe der bisherigen Erfahrungen noch nicht überzeugend beantwortet werden kann, und dass selbst die Theorie noch nicht alle hiefür nöthigen Anhaltspunkte liefern dürfte.

Sollte durch die Erfahrungen, wie sie bei den Telegraphen zu machen Gelegenheit gegeben ist, über die vorstehenden Fragen entschieden werden können, so müssten jene über verschiedene Umstände Aufschluss zu geben vermögen, die hier von Wichtigkeit erscheinen. Um mit Bestimmtheit behaupten zu können, dass die erwähnten Ströme als Influenzwirkungen anzusehen sind, die von der elektrisirten Wolke in der oberirdisch geführten Drahtleitung erzeugt werden, wäre es nöthig zu zeigen, dass wirklich derartige Erscheinungen zu Tage kommen, wenn man sowohl als Hin-, als auch als Rückleitung bei der telegraphischen Verbindung einen Metalldraht wählt, und zwar so, dass diese Doppelleitung auf die sorgfältigste Weise ihrer ganzen Strecke nach isolirt bleibt. Alle bekannt gewordenen Thatsachen beziehen sich aber bloss auf die Erfahrungen, die man bei den gewöhnlichen Telegraphenanlagen zu machen Gelegenheit hatte, und bei denen bekanntlich die Erde stets einen Theil des Schliessungsbogens bildet. Selbst bei den über Gewitterelektricität in früherer und in neuerer Zeit angestellten Untersuchungen wendete man zuweilen statt der durch Drachen aufwärts geführten auch horizontal ausgespannte Drähte an. Aber auch diese waren vom Boden niemals isolirt, sondern endigten immer an der Erdoberfläche. Es bleibt daher ganz unentschieden, ob die Vertheilung, welche die elektrisirte Wolke auf den Telegraphen ausübt (und wobei dann unter den früher erörterten Umständen Stromeswirkungen zu Stande kommen), auf den metallenen und oberirdischen Theil des Schliessungsbogens sich erstreckt, oder ob jene Influenzwirkungen die in dem Bogen befindliche Erdstrecke an einer oder der anderen Stelle etc. erfährt, und man ist daher, so lange eine Widerlegung hiefür nicht vorhanden ist, auch berechtiget, den letzt genannten Vorgang anzunehmen.

Würden aber wirklich solche Entladungsströme in dem Telegraphen zu Stande kommen können, die in einer von der Gewitterwolke gegen die Erde ausgeübten influencirenden Wirkung ihre Entstehungsquelle haben, so dürfte man auch folgerecht behaupten, dass jene Ströme in den Telegraphenleitungen nicht verschwinden, wenn man auch die Drahtleitung anstatt oberhalb der Erde, isolirt von dieser, in die Erde eingräbt, und hier fortführt. Es lässt sich daher auch die Vermuthung aufstellen, dass es vielleicht gar kein Mittel geben dürfte, die Einwirkungen der sogenannten atmosphärischen Elektricität, sowie jene der Wolkenelektricität bei unseren Telegraphen-Einrichtungen zu beseitigen, oder überhaupt nur zu verringern, so lange die Erde einen Theil des Schliessungsleiters bildet, und dass es also eigentlich nur immer die Aufgabe bleiben wird, die Wirkungen jener Entladungsströme, die zuweilen als Gäste sich in den Telegraphenleitungen zeigen, möglichst unschädlich zu machen.

Es unterliegt aber keinem Zweifel, dass für jene Entladungsströme ausser den Influenz- und Inductionswirkungen nicht selten auch noch eine andere Entstehungsursache vorhanden sein muss, und dass diese vielleicht die Hauptquelle der Störungen, welche man bei Gewittern sowohl, als auch zu Zeiten, wo keine Gewitter in der nächsten Umgebung der Telegraphenleitungen beobachtet werden, bilden möchte. Vor allem scheint die durch mehrfache Erfahrungen bestätigte und bereits erwähnte Thatsache hiefür zu sprechen, vermöge welcher die isolirten

Leitungen bei geöffneter Kette und ohne eingeschaltete Stromquelle zu manchen Zeiten Ladungserscheinungen zeigen, ohne dass der Einfluss elektrisirter Wolken dabei nachgewiesen werden kann. Ob solche Ladungserscheinungen bloss an einer oder an einigen oder gleichzeitig an vielen Stationen wahrgenommen worden sind, darüber geben allerdings die Beobachtungen keinen bestimmten Aufschluss. Aber es ist nicht uninteressant zu bemerken, dass zuweilen die Störungen verringert erschienen, wenn man einzelne Stationen aus der Kette ausgeschlossen hat. — Eine andere wichtige Thatsache, die hiefür sprechen möchte, ist die von Henry (S. 255) erwähnte, wo solche Ladungserscheinungen in den Telegraphen zu Philadelphia wahrgenommen wurden, und wobei an einer Station ein Schneefall stattfand, an der anderen aber der Himmel heiter war, welcher auch die von Baumgartner (S. 257) erwähnte zur Seite steht, und vermuthlich lassen sich noch mehrere Erfahrungen dieser Art beibringen. Es scheint, dass die Ursache solcher Stromeswirkungen nicht in der Atmosphäre sein könne, sondern dass sie von bedeutenden elektrischen Spannungsdifferenzen an den Enden der eingeschalteten Erdstrecke herrühren. Würde man aber bezüglich dieser Annahme sicher sein, so dürfte man dann vermuthen, dass die meisten Störungen in den Telegraphen an der Erde selbst ihre Entstehungsursache haben. Ist nämlich die Erde selbst ein elektrisirter Körper, so möchten im Laufe des Jahres genug Veranlassungen dazu vorhanden sein, welche die Spannungsdifferenzen zweier weit von einander entfernter Punkte derselben zu ändern vermögen, abgesehen davon, dass schon der lokalen Einflüsse halber die Dichten der an verschiedenen Stellen der Erde angehäuften Elektricitäten verschieden sein müssten. Aber selbst unter Umgehung einer solchen Annahme lässt sich die Vermuthung aufstellen, dass mannigfache Einwirkungen an und in der Erde im Laufe des Jahres eintreten, welche als Quellen starker elektrischer Wirkungen angesehen werden können. Ob diese Ströme in thermischen Wirkungen ihren Entstehungsgrund haben, also als thermoelektrische angesehen werden dürfen, oder ob dieselben in Folge der Bewegung von Flüssigkeitsmassen in den tieferen Erdschichten erzeugt werden, oder ob sie Volta'sche Erzeugungsquellen u. s. w. haben, darüber lassen sich Vermuthungen gegenwärtig noch nicht aufstellen. Aber so viel darf man einstweilen auszusprechen wagen, dass an (und vielleicht auch in) der Erde die Hauptursachen der Gleichgewichtsstörungen, wie man dieselben zu beobachten Gelegenheit hat, gesucht werden dürften. Für diese Vermuthung scheint auch eine Reihe von Thatsachen zu sprechen, die man im verflossenen Sommer während eines Ereignisses zu sammeln Gelegenheit hatte, das über einen grossen Theil der Erde sich verbreitete, und das man offenbar als ein elektrisches Weltereigniss ansehen darf.

Da ich auf diese Erfahrungen im dritten Abschnitte wieder zurückkommen werde, so habe ich hier bloss das kurz zu erwähnen, was sich auf unsere in Rede stehende Frage bezieht. Innerhalb der Zeit vom 28. August bis zum 3. September 1859 kamen nämlich fast auf allen Telegraphenlinien der Erdoberfläche, die unter einander in Verbindung stehen, bedeutende Störungen vor. Diese verbreiteten sich vom hohen Norden auf die russischen Linien, Norwegen und Schweden, auf das ganze Gebiet des deutsch österreichischen Telegraphen-

vereins, auf Grossbrittanien, Belgien, Frankreich, die Schweiz und Oberitalien; sie wurden auf den Linien Nordamerika's, und ebenso in Australien und Chili beobachtet, und es steht wohl nach allen bisherigen Nachrichten zu erwarten, dass die Störungsursache über einen grossen Theil der Erde sich verbreitete. Unter allen mir hierüber gegenwärtig zu Gebote stehenden Berichten über dieses Ereigniss ist der von Brix der vollständigste, und zugleich von der Art, dass der Verlauf der Erscheinungen, soweit die Beobachtungen hiefür ausreichen, verfolgt werden kann. Das, was ich also hier erwähne, ist diesem Berichte vorzugsweise entnommen [73]. Diese Erscheinungen charakterisirten sich vor allem durch ihre lange Dauer, die sich einmal mit geringen Unterbrechungen auf mehr als 12 Stunden ausgedehnt haben soll, dann durch die bedeutenden Ablenkungen, welche selbst die nicht sehr empfindlichen Nadeln der Rheoskope anzeigten, durch die grosse Intensität der Ströme selbst, durch einen unregelmässigen Wechsel in der Richtung der Ströme, durch bedeutende Ladungserscheinungen in den geöffneten Schliessungsbogen, das Uebergehen von Funken an Unterbrechungsstellen, physiologische Wirkungen etc. Die Intensität dieser Entladungsströme war so stark, dass nicht bloss der regelmässige Dienst während ihrer Dauer vollständig gestört worden war, sondern dass man sogar auf sämmtlichen unter einander in Verbindung gestandenen Apparaten gleichzeitig dieselbe und sehr deutliche Schrift erzeugen konnte, wenn man das Verbinden und Unterbrechen des Erddrahtes in dem Tempo der Schriftzeichen vornahm, während eine in eine lange Linie eingeschaltete Batterie von 100 Elementen die Störungserscheinungen nicht im Mindesten abzuändern vermochte. Hipp schliesst aus den an den Schweizer Linien angestellten Beobachtungen, dass die während der Störungsperioden aufgetretenen tellurischen Ströme zuweilen mehr als dreimal so stark gewesen waren, wie die gewöhnlich zur Correspondenz benutzten hydroelektrischen Ströme. Bezüglich der Intensität wird aber unter Anderem bemerkt, dass dieselbe von der Entfernung der Stationen sowohl, als auch von der Richtung derselben abhing, und dass im Allgemeinen auf kürzeren Strecken die Intensität geringer, als auf längeren war. Diese Thatsache (m. s. auch S. 256) ist jedenfalls für die Erscheinungen charakteristisch, und dürfte einer näheren Untersuchung zu unterwerfen sein. Ueber die Richtung dieser Ströme gehen aus den sämmtlichen Thatsachen bis jetzt noch keine so genügenden Anhaltspunkte hervor, dass sich über dieselbe Bestimmtes annehmen lässt. Uebrigens war die Intensität keine constante, sondern nahm bald zu, und ging von einem Maximum wieder zu einem Minimum etc. während jeder Periode über. — Gleichzeitig mit diesen Störungen wurden an verschiedenen Orten im Norden und sogar im Süden Polarlichter beobachtet, und da während der Erscheinung von Nordlichtern schon in früheren Jahren ähnliche — durch einige Stunden anhaltende — Störungen an verschiedenen Orten wahrgenommen wurden, so schloss man auch folgerichtig auf den Zusammenhang der Störungen mit diesen Erscheinungen. Indem ich die sämmtlichen hierüber aufgestellten Erklärungsweisen hier umgehen muss, und höchstens noch erwähnen kann, dass man bei jeder Phasenänderung der an einigen Orten sorgfältig beobachteten Nordlichtererscheinungen ein Anschwellen der Störungserscheinung beobachtet haben will,

so hebe ich hier bloss noch eine der beobachteten Thatsachen hervor: „Als der Vorsteher der französischen Telegraphenstation Tulle während der Störungen zwei Leitungen bei der benachbarten — in südöstlicher Richtung etwa 10 geogr. Meilen entfernten — Station Aurillac isoliren liess, hörten auf diesen beiden Leitungen die Störungen auf, stellten sich aber, wenn einer der Drähte in Aurillac mit der Erde verbunden wurde, auf diesem sofort wieder ein.“ Ganz ähnliche Beobachtungen wurden nach mündlicher Mittheilung des Hrn. Vorstandes der königl. bayer. Telegraphen-Anstalten zu München gemacht. So complicirt nun auch die während der zwei grossen Störungsperioden vom 28. August bis zum 3. September vorigen Jahres beobachteten Erscheinungen waren, so lässt sich dennoch, wenn man auch über die eigentliche Ursache derselben noch nicht einmal Vermuthungen aufzustellen wagen darf, mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die sämmtlichen Ursachen dieser Störungen nicht in der Atmosphäre, sondern an oder in der Erde ihren Sitz haben mussten. Diese Ansicht hat auch Brix in seinem Berichte ausgedrückt, und sie ist schon früher, wenn man sich bloss auf die bei den Telegraphenlinien beobachteten Erscheinungen allein hier beschränken will, von Baumgartner [72] in der oben erwähnten Abhandlung aufgestellt worden. Dort heisst es nämlich am Schlusse dieser Abhandlung: „Der Umstand, dass bei Tage ein beständiger elektrischer Strom von der Erde in die Luft nach der höher gelegenen Gegend zu stattfindet (S. 256, Absatz 2) deutet darauf hin, dass die Erde selbst in sich die Quelle einer elektrischen Erregung habe, wie dieses schon früher von mehreren Gelehrten vermuthet, von einigen sogar durch factische Nachweisung, jedoch nur lokal, dargethan worden ist.“

Welchen Zusammenhang diese Strömungen mit den Nordlichtern selbst haben, kann hier nicht untersucht werden, aber es möchte die Vermuthung aufgestellt werden dürfen, dass vielleicht die Polarlichter eine ähnliche, vielleicht dieselbe Entstehungsquelle hatten, wie jene Störungserscheinungen selbst. Wenigstens will ich eine Thatsache, die auf Seite 254 des genannten Berichtes angeführt ist, hier nicht unerwähnt lassen: „Während dieses Phänomens (des am 3. September zu Königsberg beobachteten Nordlichtes) — sagt hier der Ober-Telegrapheninspector Post — zeigte sich eine eigenthümliche, zarte, durchsichtige Wolkenart, wie wenn zwischen dem Nordlichte und dem Dunstkreise der Erde ein durchsichtiger schwarzer Schleier daher schwebte.“ Aehnliche Erscheinungen wurden auch bei Beobachtungen von Polarlichtern an anderen Orten schon in früheren Zeiten wahrgenommen [74].

In welchem Zusammenhang die genannten Störungen mit den Gewittererscheinungen standen, lässt sich wohl schwer ermitteln; man möchte jedoch vermuthen dürfen, dass die grosse Häufigkeit der Gewitter, welche im Jahre 1859 stattfand, und wobei sogar auf die genannte Störungswoche eine nicht geringe Zahl traf, mit derselben Ursache, welche die Störungen erzeugte, in einem, wenn auch untergeordnetem Zusammenhang zu stehen schien.

§. 52. Zusammenfassung der aus den vorgeführten Thatsachen erhaltenen Resultate.

Fassen wir die in den vorstehenden Paragraphen gewonnenen thatsächlichen Resultate zusammen, so sind wir berechtiget, das Folgende anzunehmen:

1. Das Auftreten der Gewittererscheinungen ist auf allen Stellen der Erdoberfläche von gewissen lokalen Umständen abhängig, die theils mit der Terrainbeschaffenheit selbst, theils mit der Bedeckung der Bodenfläche, theils aber auch mit der inneren Beschaffenheit der Erdschichten in Zusammenhang stehen können.
2. So unregelmässig auch die Vertheilungsweise der Gewitter an den verschiedenen Punkten, wenn man diese unter sich vergleicht, zu sein scheint, so herrscht doch bezüglich der Vertheilungsweise über eine grössere Erdstrecke eine bestimmte Gesetzmässigkeit. Die Gewitterzahl ist im Innern der Continente am grössten, sie nimmt mit wachsender Entfernung vom Meere bis zu gewissen Grenzen hin zu.
3. Im Laufe des Jahres sowohl, sowie auch während der einzelnen Tageszeiten richtet sich das Auftreten der Gewitter nach ganz bestimmten Perioden, die mit dem Gang der Wärme in einem gewissen — wenn auch noch nicht bekannten — Zusammenhange stehen.
4. Selbst die Vertheilung der Gewitter auf der Erdoberfläche, ihr Zunehmen von Norden nach Süden sowohl, sowie auch das Wachsen derselben von Westen gegen Osten hin scheint von der Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche nicht unabhängig zu sein.
5. Nicht bloss die Umstände, welche die Bildung der Gewitter an den verschiedenen Orten bedingen, sondern auch selbst die Ursachen des Vorkommens der Gewitter und ihrer Verbreitung scheinen von periodischen und nicht-periodischen Wärmewirkungen abhängig zu sein.
6. Die Vorgänge beim Ausbruche der Gewitter lassen auf die Erzeugungsweise derselben, sowie auf ihre Verbreitung nicht zurückschliessen.
7. Die Bildung von Gewittern kann nur unter den Umständen eintreten, welche die Erzeugung örtlicher Wolken durch vertikal aufwärts sich bewegende Wassertheilchen begünstigen. Verbreiten sich diese Wolken in der Atmosphäre auf grosse Strecken, und wird ihre Verbindung mit der Erde nicht allein durch luftförmige Körper, sondern auch durch wasserförmige vermittelt, so kann ein Ausbruch des Gewitters nicht zu Stande kommen.
8. Zu allen Zeiten, in welchen die Wolken mit der Erde durch Nebelmassen in leitender Verbindung bleiben, zu Zeiten, in welchen andauernd Regen auf grössere Länderstrecken verbreitet sind, können keine Gewitter erzeugt werden. Sie können deshalb im Winter auf dem Continente nur selten zur Ausbildung kommen, und ebenso können an Orten, wo die Verdampfung im Laufe des ganzen Jahres bedeutend, wo der Wassergehalt der Luft gross ist, nur selten sich Gewitter erzeugen.
9. Die Lichterscheinungen, welche thatsächlich sowohl an irdischen Objecten, als auch an den Gewitterwolken vor und während der Gewitter sowohl,

als auch zuweilen ohne dieselben wahrgenommen werden, können als elektrische Ladungserscheinungen angesehen werden.

Die an irdischen Objecten vorkommenden Ladungserscheinungen können aber zweierlei Art sein, zuweilen können sie nämlich als Influenzerscheinungen betrachtet werden, die von den elektrisirten Gewitterwolken erzeugt werden; manche jener Erscheinungen aber können auf keine andere Weise nach unserem gegenwärtigen Wissen erklärt werden, als dass man auf der Erde selbst Elektricität von bedeutender Dichtigkeit angehäuft sich vorstellt, und auf der Erdoberfläche vertheilt annimmt.

[Das scheinbare Anziehen von Gebirgsmassen gegen einzelne Wolken, wie man dasselbe in der Nähe hoher Bergspitzen, wo die Wolken sich vorzugsweise ansammeln, wiederholt wahrgenommen hat, kann durch Wärmewirkungen und vertikal abwärts gehende Luftströmungen allein nicht genügend erklärt werden.]

10. Die in den Telegraphen von Zeit zu Zeit auftretenden elektrischen Entladungsströme sowohl, sowie auch die dabei vorkommenden Ladungserscheinungen kommen zum Theile von elektrischen Spannungsdifferenzen der verschiedenen unter sich in leitender Verbindung stehenden Stellen der Erde selbst her, wo Elektricitäten von verschiedener Dichte angehäuft zu sein scheinen.

11. Die aus unmittelbaren und langjährigen Beobachtungen gesammelten Thatsachen, wie sie in den voranstehenden Paragraphen zur Aufzählung kamen, ferner der Umstand, dass die Gewitterwolken zum grössten Theile bei vertikal aufwärts gehenden Luftströmen erzeugt werden, dass ihre Höhe sich nach Oertlichkeit und Jahreszeiten richtet, und dass die Gewitter in bedeutenden Höhen nur äusserst selten vorkommen, so dass sich vielleicht vermuthen lassen dürfte, dass es Punkte über und selbst auf der Erde gibt, wo die Gewitter ganz verschwinden, lassen vermuthen, dass der Ursprung der Gewitter, ihre anfängliche Entstehungsquelle nämlich, gar nicht in der Atmosphäre sich befindet, sondern an der Erde gesucht werden muss.

Was aber die eigentliche Ausbildung der Wolken zu Gewittern und die Bedingungen des Ausbruches der letzteren betrifft, so hängen diese von den Umständen ganz und gar ab, wie sie die Meteorologie für die Niederschläge aufzählt und gelten lässt.

Wenn wir nun die Frage stellen, was wir durch die sämmtlichen Betrachtungen über Gewitter und die mit diesen zusammenhängenden Erscheinungen gewonnen haben, so muss ich vor allem bemerken, dass ich allerdings selbst das Lückenhafte meiner Erörterungen fühle, und dass namentlich, trotz der bedeutenden Mühe, welche die Zusammenstellungen veranlassten, die gesammelten Thatsachen über die Vertheilung der Gewitter auf der Nordhälfte der Erde noch mannigfache Ergänzungen wünschenswerth machen, für welche mir die zugehörigen Quellen ganz und gar fehlen. Jedenfalls aber bieten die vorstehenden Betrachtungen ebenso einen Theil der wissenschaftlichen Grundlage für die Theorie der Blitzesentladungen und der Blitzableiter, wie die aus Blitzschlägen gewonnenen Thatsachen.

Was aus diesen Erörterungen für die Theorie des Gewitters selbst hervorgeht, kann bei dieser Gelegenheit einer Erwägung nicht unterzogen werden, und ebenso wenig beabsichtige ich die sämmtlichen Hypothesen hier vorzuführen, welche hierüber aus den ältesten Zeiten bis zum heutigen Tage aufgestellt worden sind. Jedoch mag es gestattet sein, die Vorstellungsweise, welche Beccaria über die Entstehungsweise der Gewitter hatte (und der eine ähnliche von Marini aus derselben Zeit zur Seite steht [75]) zum Schlusse anzufügen. Beccaria nimmt nämlich an, „dass vor dem Gewitter eine Quantität elektrischer Materie aus der Erde, an solchen Orten, wo dieselbe im Ueberflusse angehäuft sich befinde, herausfahre, und bei ihrem Hinaufsteigen nach den höheren Luftgegenden eine grosse Quantität Dünste ansammle und mit sich nehme. Dieselbe Ursache, welche sie sammelt, verdichtet auch dieselben mehr und mehr, bis sie an Orten, wo sie einander am nächsten kommen, einander fast berühren, so dass sie kleine Tropfen darstellen, welche, indem sie sich beim Herabfallen mit anderen vereinigen, in Form von Regen am Boden erscheinen. Der Regen ist um so viel heftiger, je stärker die Elektricität ist, und je näher die Regenwolke einer Gewitterwolke kömmt [76].“ Beccaria geht jedoch bei einer anderen Gelegenheit noch weiter: „In Erwägung der ungemein grossen Elektricitätsmenge, welche bei den Gewittern frei wird, hält er es nämlich für unmöglich, dass diese ganze Quantität aus einer oder mehreren Wolken komme, insbesondere, da aus denselben Wolken oft vielfache Entladungen nach einander kommen; er nimmt daher an, dass, während einerseits die Entladung der Wolke erfolgt, andererseits durch den eintretenden Regen die Wolke wieder eine neue Ladung aus der Erde annehme u. s. w.“ [77]. — Ich lasse es ganz unentschieden, welchen Werth die Hypothesen jenes grossen Forschers haben, wenn man dieselben mit den aus den neuesten Untersuchungen über Elektricitätslehre gewonnenen Resultaten in Verbindung bringen will; aber bemerken will ich, dass selbst in neuester Zeit einige Physiker in Folge ihrer Beobachtungen über Luftelektricität zu der Ansicht gelangt sind, dass sie zur Erklärung der von ihnen beobachteten Phänomene eine „Erdelektricität“ anzunehmen sich für berechtiget halten [78].

§. 53. Ueber den Zusammenhang der Blitzschläge mit der Häufigkeit und der Intensität der Gewitter.

Wir haben in diesem Abschnitte bei jeder Gelegenheit, wo es sich um bestimmte Anordnungen bei Blitzableitern handelte, es nicht unterlassen, zu untersuchen, ob sich für die theoretischen Voraussetzungen, auf welche sich die Constructionen gründen sollen, auch ähnliche Belege aus der Erfahrung nachweisen lassen. Als nothwendige Ergänzung müssen wir nun die Erfahrungen, welche in dem vorliegenden Kapitel aus dem, was über Gewitter in Erwähnung kam, ansehen

Vor allem sehen wir nämlich, dass die Annahme bezüglich der Einwirkung der Gewitterwolken auf irdische Objecte sich durch Thatsachen fast mit Evidenz nachweisen lässt. Alles das, was über die Lichterscheinungen an irdischen Objecten während der Gewitter oben erwähnt wurde, kann, insoferne man jene

Ladungserscheinungen als durch Influenz entstanden, betrachten kann, als Beleg für die aus der Theorie entnommenen Wahrheiten angesehen werden.

Selbst über die Art und Weise, wie die Entladung der Gewitterwolken gegen die Erde stattfinden kann, geben die in den vorstehenden Paragraphen enthaltenen Thatsachen einige wichtige Aufschlüsse. So haben wir dort unter Anderem gehört, dass während der Gewitter leuchtende Dunstmassen in der Nähe der Erde wahrgenommen worden sind, und dass nicht selten die Regentropfen bei Gewitterregen als leuchtend erscheinen. Es scheint also, dass mittelst der in Regenform von der Wolke bis zur Erde sich erstreckenden Wassersäulen die elektrische Ausgleichung zwischen Wolke und Erde erfolgt, und fast möchte man zu der Meinung gelangen, als ob zuweilen auch durch Dunstmassen, welche als Erweiterungen der Gewitterwolken, als Fortsetzung derselben vielleicht dienen könnten, Entladungserscheinungen hervorgebracht werden könnten. Man möchte sogar die Frage bei dieser Gelegenheit anregen: „ob nicht vielleicht durch derartige Entladungsformen, welche gleichsam eine materielle — nämlich eine wasserförmige — Leitungsstrecke zwischen der elektrisirten Wolke und der Erde zu bilden scheinen, nicht Erscheinungen zu Tage treten können, wie sie die räthselhaften Kugelblitze, von denen oben (S. 46) die Rede war, darbieten, und ob nicht ein Theil dieser Erscheinungen auf diese Weise naturgemäss erklärt werden könnte?" — Es ist diess jedoch nur eine dunkle Vermuthung, der ich nicht wagen kann, jetzt einen Werth beizulegen, die aber schon deshalb als gerechtfertiget erscheinen dürfte, weil gerade die Theorie der Gewitter ein Gebiet bis zum heutigen Tage dargeboten hat, das an Vermuthungen und Hypothesen mir sehr reich zu sein scheint.

Was den Zusammenhang der Häufigkeit der Gewitter mit der Zahl der Blitzschläge gegen irdische Objecte betrifft, so kann dieser als ausgemacht angesehen werden. Fragt man aber, an welchen Orten die Gewitter die meisten Blitzschläge hervorbringen, ob nämlich in den Gegenden, wo die Gewitter selten, etwa die Blitzschläge gar nicht vorkommen, und fragt man weiter, ob es Jahreszeiten gibt, wo die Blitzschläge häufiger sind, als in anderen, so erhält man hierüber aus den gesammelten Thatsachen gar keinen Aufschluss. Die Erfahrungen zeigen uns vielmehr, dass die Blitzschläge überall vorkommen können, wo man bis jetzt überhaupt Gewitter beobachtet hat, dass ferner die Anzahl derselben auch mit der Häufigkeit der Gewitter zunimmt, und dass auf die Jahreszeiten, in welchen die Gewitter am häufigsten sind, auch die meisten Blitzschläge kommen.

Ich habe, anstatt diese Erörterungen weiter zu führen, eine Reihe von Blitzesentladungen gegen irdische Objecte zusammengestellt, und dabei überall, wo es mir möglich war, sowohl den Tag, als auch die Stunde, in welcher das Ereigniss eintrat, angegeben; aber weitere Folgerungen aus dieser Zusammenstellung zu ziehen, die sich auf die eben angeregten Fragen beziehen, kann ich nicht wagen.

Die Blitzesereignisse, welche ich hier zusammenstellte, habe ich aber aus jenen vielen Reihen, die bekannt geworden sind, ausgewählt, um zugleich alle Vorgänge, wie sie bei Blitzschlägen vorkommen, einigermassen beurtheilen zu

Verzeichniss von Blitzesentladungen gegen Bauwerke, worüber hinreichende Beschreibungen der dabei wahrgenommenen Thatsachen vorhanden sind.

Nummer.	Jahr.	Monat und Tag.	Stunde.	Getroffenes Object, und Stelle, von welcher die Blitzesentladung ausging.	Allgemeines über die Wirkungen der Blitzesentladung.	Quelle, in welcher die Beschreibung des Ereignisses sich vorfindet.
1.	1557	. . .	. . .	Pulverthurm (Geistthurm) zu Zürich.	Keine besonderen Wirkungen.	Scheuchzer, Naturgeschichte des Schweizer-Landes II. 52.
2.	1589	Juli 16.	12^h Nachts	Nicolai-Thurm zu Hamburg, am sogenannten Knopfe des noch nicht vollendeten kupfernen Daches.	Der Thurm entzündet und abgebrannt.	Aus dem Orginalbericht in Reimarus, v. Bl. 315.
3.	1613	Juni 26.	,,	Haus zu Holnehurst in Southampton.	Auffallende physiologische Wirkungen.	Reimarus, v. Bl. 175.
4.	1634	. . .	. . .	Häuser, die zur grossen Pfarrwohnung von Brodretunge auf Island gehören.	Der Dachstuhl abgebrannt.	Olafsen und Povelsen. *Voyage en Islande etc., trad. par* Lapeyronnie. p. 122.
5.	1652	. . .	. . .	Pulverthurm (Geistthurm) zu Zürich.	Entzündet und in die Luft gesprengt.	(S. No. 1.)
6.	1669	Aug. 14.	. . .	Schornstein des Herrenhauses auf einem Landgute bei Bergen in Norwegen.	Mechanische und physiologische Wirkungen.	Reimarus, v. Bl. 131.
7.	1670	Juni 29.	. . .	Thurm der Nicolai-Kirche zu Stralsund.	Mechanische und physiologische Wirkungen.	*Phil. Trans.* V. 2084.
8.	1673	. . .	. . .	Thurm der Pfarrkirche zu Epperies in Ungarn.	Mechanische und Wärmewirkungen (?).	Breslauer Samml. 1717. p. 64.
9.	1676	. . .	. . .	Abtey des St. Médard de Soissons.	Bedeutende mechanische Wirkungen an dem Dachstuhl.	*Mem. de l'Acad.* Paris 1764. p. 433.
10.	1685	Juni 14.	. . .	Haus zu Ringau.	Mechanische und eigenthümliche physiologische Wirkungen.	Reimarus, v. Bl. 179.
11.	1693	März 20.	. . .	Thurm zu Omnelle bei Southwark (?).	Mechanische Wirkung und Zündung.	*Phil. Trans.* XVII. 711.
12.	1697	Aug. 9.	. . .	Windmühle auf dem Hügel von Wrisen.	Physiologische Wirkungen.	Reimarus, v. Bl. 150.
13.	1698	Dec. 22.	. . .	Scheune (?).	Bedeutende mechanische und physiologische Wirkungen.	*Phil. Trans.* XXI. 51, hieraus unvollst. in Reimarus, v. Bl. 126.
14.	1700	Oct. 9.	. . .	Thurm der Hauptkirche zu Troies.	Zündung und Zerstörung.	*Mém. de l'Acad. d. sc.* Paris 1760. p. 65.
15.	1706	. . .	. . .	Haus in einem Dorfe (?) bei Zürich, der Schornstein zuerst getroffen.	Bedeutende mechanische und physiologische Wirkungen.	Scheuchzer, Naturgesch. III. 198.
16.	1707	Aug. 9.	(?) Nachts	Schornstein eines mit Schindeln gedeckten Hauses zu New-Forge in Irland.	Bedeutende mechanische, chemische, erhitzende und physiologische Wirkungen.	*Phil. Trans.* XXVI. 36.
17.	1710	Mai 23.	. . .	Haus am Zürichersee (ein auf der Südseite gelegenes Gartenhaus; ein Thürmchen zuerst getroffen).	Schmelzungen und mechanische Wirkungen. Ein Baum in der Nähe des Hauses zerstört.	Scheuchzer, Meteorol. helv. p. 28.
18.	1711	. . .	. . .	Glockenthurm der Kirche zu Solingen (Jülich).	Physiologische Wirkungen und Zündungen.	Ibid. p. 35.
19.	1711	Mai 20.	8^h Abends	Hauptthurm der Stadt Bern und die angrenzenden Häuser.	Mechanische Wirkungen, Schmelzung, physiologische und chemische Wirkungen.	Ibid. p. 33.
20.	1714	Juni 21.	9^h Abends	Elisabethenthurm zu Breslau.	Mechanische Wirkungen.	Breslauer Samml. 1717. p. 68.
21.	1717	Juli 2.	. . .	Kirche zu Seidenberg bei Zittau.	Bedeutende physiologische Wirkungen (Tödtung von sieben Personen).	Ibid. 1718. p. 1534.
22.	1717	Juli 17.	6^h Morgens	Thurm zu Epperies in Ungarn.	Mechanische Zerstörungen, Schmelzungen und physiologische Wirkungen.	Ibid. 1717. p. 64.
23.	1718	Dec. 14.	10^h Morgens	Kirchthurm zu Eutin.	Zündung und physiologische Wirkung.	Ibid. 1718. p. 1968.
24.	1718	Mai 30.	. . .	Schornstein eines Hauses am höchsten Platze der Neustadt zu Zürich.	Mechanische Zerstörungen, Schmelzungen, physiologische Wirkung (Tödtung).	Ibid. 1718. p. 1079.
25.	1718	Sept. 30.	. . .	An drei Stellen eines Kupferbergwerkes in Bottendorf.	Schmelzungen.	Ibid. p. 1658.
26.	1718	April 14—15.	(?) Nachts	Vierundzwanzig Kirchen zwischen Landerneau und St. P. de Léon in der Bretagne.	Zündungen und Zerstörungen etc.	*Hist. de l'Acad. d. sc.* Paris 1719. p. 21.
27.	1719	Aug. 8.	. . .	Thurm am Rennweger Thor zu Zürich.	Physiologische Wirkung.	Breslauer Samml. 1719. p. 221.
28.	1719	Juli 4.	. . .	Haus zu Hirsslanden.	Bedeutende mechanische Wirkungen in und neben dem Hause.	Ibid. p. 88.
29.	1720	Aug. 8.	2^h Abends	Hölzernes Haus zu Rossnau in Ungarn; Schornstein getroffen.	Mechanische Wirkungen und Schmelzungen.	Ibid. 1720. p. 201.
30.	1720	Aug. 4.	. . .	Schornstein eines Hauses bei Breslau.	Bedeutende mechanische Wirkungen, Schmelzungen und physiologische Wirkungen.	Ibid. p. 197.
31.	1720	Sept. 7.	6^h Morgens	Dachfirste eines Hauses zu Breslau, worin Wolle magazinirt war.	Schmelzungen, mechanische und chemische Wirkungen.	Ibid. p. 296.
32.	1721	Juni 27.	. . .	Schilderhaus auf der Nicolaischanze zu Breslau.	Mechanische, physiologische Wirkung und Zündung. (S. Seite 155.)	Ibid. 1721. p. 627.
33.	1723	Juli 25.	$12\frac{1}{2}^h$ Mittags	Wallfahrtskirche zum Kreuz bei Zürich, ein Thürmchen auf der Westseite.	Folgte zufälligen metallischen Leitungen und brachte mechanische Wirkungen und Schmelzungen dabei hervor.	Ibid. 1723. p. 71.
34.	1724	Juni 6.	Nachts	Im Dorf Harmanschlag in Niederösterreich ein in einer Entfernung von 6 Schritten von einem kleinen hölzernen Bauernhause stehender Kirschbaum getroffen, dessen Wurzel unter dem Hause endigte.	Bedeutende mechanische und physiologische Verletzungen der auf Stroh und dem Boden gelagerten Bewohner des Hauses.	Ibid. 1724. p. 619.
35.	1725	Aug. 1.	. . .	Ein Zeughaus auf dem Burgfeld bei Breslau, an der westlichen Giebelseite im Kornboden.	Mechanische Wirkungen und Schmelzungen; folgte einer zufälligen Leitung.	Ibid. 1725. p. 166.
36.	1725	Dec. 18.	. . .	Kirchthurm zu Winterthur.	Folgte einer zufälligen Leitung, wobei Schmelzungen vorkamen.	Ibid. p. 644.
37.	1727	Juni 18.	Nach Mitternacht	Ein Thurm der Stadtmauer zu Regensburg.	Folgte einer zufäll. met. Leitung; bedeutende mech. u. phys. Wirkungen. (Tödtung einer von drei Personen, die in einem Strohbette sich befanden.)	Reimarus, v. Bl. 145.
38.	1728	Aug. 25.	. . .	Thurm der Kirche zu Mellingen in Baden.	Mechanische Zerstörungen.	Ibid. 39.
39.	1729	Dec. 6.	. . .	Schornstein eines Hauses zu Pencarreg in Carmarthenshire.	Bedeutende mechanische Wirkungen und durch diese erzeugte Verletzungen der Bewohner.	*Phil. Trans.* XXXVI. 444.
40.	1731	Juli 31.	. . .	Haus in Wakefield.	Schmelzungen, mechanische und magnetische Wirkungen.	*Phil. Trans.* XXXIX. 74.
41.	1740	Juni 30.	. . .	Schornstein einer Meierei des Kirchspiels Oesterwohla in Upland.	Drei Schornsteinröhren zertrümmert, und andere mech. und Wärmewirkungen; gefahrlose physiol. Wirkungen, sowie chem. Erscheinungen.	Schwed. Abhandl. 1742., IV. 43.
42.	1742	Juni	. . .	Schornstein eines Pächterhauses bei Thorndon.	Der Schornstein abgeschlagen.	*Phil. Trans.* XLII. 136.
43.	1745	Juli 21.	. . .	Thurm des Klosters St. Christina zu Bologna.	Thurm und Gewölbe zerschmettert. Folgte einer zufälligen Leitung zu einem gemauerten Wasserreservoir. Schmelzungen etc.	Reimarus, v. Bl. 93.
44.	1746	Mai 1.	. . .	Zwei unmittelbar aufeinander folgende Entladungen auf die Kirche zu Oesterwohla.	Gewaltige mechanische Wirkungen an Thurm, Kirche und in der Umgebung, besonders an den thonhaltigen Stellen.	Schwed. Abhandl. XI. 122.
45.	1746	Mai 21.	. . .	Thurm der Schulkirche zu Halle.	Der Thurmknopf umgebogen und andere mechanische Wirkungen.	Reimarus, Neuere Bemerk. 198.
46.	1747	Aug. 20.	$5\frac{1}{2}^h$ Morgens	Thurm der Collegiatstiftskirche zu Pluviers.	Bedeutende mechanische Wirkungen an Kirche und einer benachbarten Kapelle, sowie physiologische Wirkungen.	*Mém. de l'Acad. d. sc.* Paris 1748. p. 512.
47.	1748	Juni 12.	5^h Morgens	Zwei Häuser zu Stretham in Surrey. Die Häuser lagen am Fusse eines Hügels, nahe an Mineralquellen.	Schornsteine zerbrochen, andere bedeutende mechanische Wirkungen auf allen Strecken, wo zufällige Leitungen sich darboten.	*Phil. Trans.* XLV. 383.
48.	1748	Mai 31.	. . .	Knopf des Kirchthurms zu Witzendorf.	Zerschmettern und Abdecken des Daches, Abschlagen des Thurmknopfes, Schmelzen und Zerreissen zufälliger metallischer Leitungen etc. etc.	Hamburger Mag. IX. 301.
49.	1749	Mai 18.	. . .	Eisernes Kreuz an einem Giebel der Pfarrkirche zu Sagan.	Ungeh. mech. Zerstörungen vom Kreuze an auf dem ganzen Wege, wo Vergoldungen etc. als zufällige Leitungen dienten; merkwürd. phys. Wirk. etc.	Felbiger. Die Kunst, Thürme etc. zu bewahren. Abschnitt III. p. 43.
50.	1750	Juli 16.	. . .	Schornstein eines Hauses in Darking.	Folgt zufälligen metallischen Leitungen. Schmelzungen und mechanische Wirkungen.	*Phil. Trans.* XLIX. 309.
51.	1750	. . .	. . .	Thurm degli Afinelli zu Bologna.	Zerstörungen und Verglasungen an Ziegelsteinen, die mit Mörtelschichten überzogen waren.	Arago IV. 93.
52.	1750	Febr. 5.	3^h Abends	Thurm der Kirche zu Danbury in Essex.	Zündung.	*Phil. Trans.* XLVI. 611.
53.	1750	(Frühling) ?	. . .	Thurm der „dutch church" zu New-York.	Folgt einer zufälligen Leitung, die zerstört wird, und von wo an mechanische Wirkungen eintreten.	Franklin, *Exper. and observat.* lett. XV. 180.
54.	1751	Juni 6.	. . .	Thurm der Kirche zu South Moulton in Devonshire.	Zerstörungen am Thurm und den Glockengerüsten, Schmelzen zufälliger Leitungen, mechanische und physiologische Wirkungen.	*Phil. Trans.* XLVII. 330.
55.	1752	Dec. 20.	. . .	Pächterhaus zu Trythal in Cornwal, ein hervorragendes Gebäude an einem Hügel.	Zerschmettern und Abschlagen des Schornsteins und Beschädigung der am Kamine befindlichen Personen.	Ibid. XLVIII. 89.
56.	1752	Juni 19.	(Morgens)	Thurm der Kirche zu Alfwa in Schweden.	Bedeutende mechanische Zerstörungen, Beschädigung von Personen. Chemische Wirkungen.	Schwed. Abhandl. XV. 80.
57.	1754	. . .	. . .	Glockenthurm der Kirche zu Newbury.	Bedeutende Zerstörungen an der Thurmspitze, Schmelzen der zufälligen Leitung und andere Zerstörungen.	*Phil. Trans.* XLIX. 307.
58.	1757	Juli 14.	. . .	Gartenhaus in der Vorstadt St. Marceau von Paris.	Mechanische Zerstörungen, Schmelzungen an den zufälligen Leitungen, mechanische Wirkungen an der Ausleitung im Boden.	Leipz. ökonom. phys. Abhandl. XVIII. 283.
59.	1758	. . .	. . .	Blitzableiter eines Hauses zu Charlestown in Südcarolina.	Schmelzung eines Theiles der Leitung aus Messingdraht; Abspringen der Entladung zum Kamin mit Zurücklass. einiger mech. Wirk.	Franklin, *Exper. and observat.* lett. XXXIX. 446.
60.	1759	Juli 16.	. . .	Schornstein eines Hauses zu Rickmansworth in Hertfordshire.	Zerschmettern des Schornsteines und des Daches, Verheerungen im Innern des Gebäudes, physiologische und chemische Wirkungen.	*Phil. Trans.* LI. 282.
61.	1759	Juni 10.	7^h Morgens	Jakobskirche zu Aumale.	(Wird hier nur von physiologischen Wirkungen gesprochen.)	Reimarus, v. Bl. 158.
62.	1759	Juli 16.	. . .	Drei Häuser in Southwark.	Sprengung im ersten, Schmelzung und Zündung im zweiten, mechanische Zerstörung, Schmelzung und physiol. Wirk. im dritten Gebäude.	*Phil. Trans.* LI. 286.
63.	1760	. . .	. . .	Hauptkirche zu Altona.	Von der mit Kupfer gedeckten Kuppel an traten Schmelzungen und mechanische Wirkungen auf Strecken zufälliger Leitungen ein.	Reimarus, v. Bl. 59.
64.	1760	Aug. 24.	(Morgens)	Westliche Seite des mit Eisenplatten gedeckten Daches auf dem Schlosse zu Upsala.	Bedeutende mechanische Zerstörungen innerhalb und ausserhalb des Gebäudes, sowie in diesem chemische Wirkungen.	*Phil. Trans.* LIII. 99.
65.	1760	April 26.	2^h Morgens	Thurm der Abtei zu Royaumont.	Zündung.	*Mém. de l'Acad. d. sc.* Paris 1760. p. 63.
66.	1760	April 25—26.	4^h Morgens	Innerhalb 20 Minuten dreimal in die Kirche und die Gebäude der Liebfrauen-Abtey zu Ham der Blitz eingeschlagen.	Zündung und Abbrennen des grossen mit Schiefer und Blei gedeckt gewesenen Thurmes, sowie andere Zerstörungen.	Ibid. p. 66.
67.	1760	(Sommer)	. . .	Blitzableiter am Hause des Kaufmanns West zu Philadelphia.	Abschmelzen und Vernichtung der 10 Zoll (engl.) langen und unten 2 Lin. dicken messingenen Spitze; ferner eine unbedeut. physiol. Wirk.	*Phil. Trans.* LIII. 94.
68.	1760	Aug. 25. (?)	. . .	Blitzableiter am Hause des Hrn. Maine zu Indian-Land in Südcarolina.	Abschmelzen und Fortführen der Spitzen, Ausreissen der Krampen, Aufreissen des Bodens, Abspringen am Leiter im Kamin etc.; physiologische Wirkungen in der Nähe und in kleinen Distanzen.	Franklin's Werke, deutsch. Dresden 1780. p. 355.
69.	1761	. . .	. . .	Kupfernes Thurmdach des akadem. Collegiums zu Wien.	Mechanische Zerstörungen, Fortführung von Metallen in einer Kapelle, bis wohin der Blitz einer zufälligen Leitung folgte.	Mako, Von den Eigenschaften des Donners. p. 49.
70.	1761	Sept. 10.	10^h Abends	Schloss St. Barthelemi zu Guienne.	(Sind nur die physiologischen Wirkungen der im Bette vom Blitze getroffenen Personen beschrieben.)	Reimarus, v. Bl. 190.
71.	1761	Juni 1.	. . .	Schornstein des Forsthauses in einer Waldung bei Nienburg (ferner sieben Eichen in der Nähe des Hauses).	Folgt zufälligen Leitungen; Schmelzungen (s. Seite 155). Bedeutende mech. Wirkungen: das Hintergebäude wurde von dem Hause getrennt.	Guden, etc. p. 179.
72.	1762	(Sommer)	. . .	Eiserne Bedeckung des Thurmes der Marienstädter-Kirche.	Mechanische Zerstörungen und Schmelzungen.	Schwed. Mag. I. 58.
73.	1762	. . .	. . .	Gebäude in Hannover.	Folgt der zufälligen Leitung einer kupfernen Abfallröhre, und vernichtet ein hölzernes Reservoir an der Bodenstelle.	Hannov. Mag. 1781. p. 1306.
74.	1763	. . .	. . .	Schornstein eines kleinen Hauses (Hannover).	Mechanische und physiologische Wirkungen vom Kamine aus bis in die Küche.	Ibid. 1764. p. 805.
75.	1763	Juni 29.	. . .	Der mit Blei und Schiefer gedeckte Thurm zu Antrasme.	Mechanische Beschädigungen und Schmelzungen.	*Mém. de l'Acad. d. sc.* Paris 1764. p. 446.
76.	1763	Juli 8.	. . .	Thurm und Kirche der Gartengemeinde zu Hannover.	Mehrfache Entladungen. Folgte zufälligen unterbrochenen Leitungen mit mechanischen Zerstörungen längs der Strecke.	Hann. Mag. 1765. p. 1190.
77.	1764	Juni 20.	. . .	(No. 75.)	Wie No. 75. (Die ausgebesserten Stellen von Neuem beschädiget.)	(S. No. 75.)
78.	1764 (?)	. . .	. . .	Schloss zu Clermont.	Schmelzungen und ungeheuere mechanische Zerstörungen.	*Mém. de l'Acad. d. sc.* Paris 1764. p. 418 etc.
79.	1764	Juni 18.	. . .	Zwei Entladungen auf die beiden südl. gegen die Themse zu gelegenen Eckgebäude der Essexstrasse zu London.	Schornsteine und Dächer zerschmettert, bleiernen Regenröhren gefolgt und dieselben zernichtet etc.	*Phil. Trans.* LIV. 255.
80.	1764	Juni 18.	. . .	Eisernes Kreuz des Glockenthurmes von St. Brides zu London.	Zerschmetterungen auf der ganzen Strecke, welche zufällige — unterbrochene — Leitungen darbot.	Ibid. 209. 227.
81.	1764	Mai 16.	. . .	(S. No. 45.)	Zerschmetterungen am Dache.	(S. No. 45.)
82.	1765	. . .	. . .	Gärtnerhaus zu Hannover. (Gegen den Kamin.)	Zündung, Beschädigung von Personen.	Hann. Mag. 1765. p. 1185.
83.	1765	. . .	(Morgens)	Unterbrochener Blitzableiter im Laboratorium-Gebäude des Prof. Moscati zu Mailand.	Nur eine bedeutende physiologische Erschütterung und Betäubung des Experimentators.	Landriani etc. p. 234.
84.	1767	Juli 16.	. . .	Zwei Häuser in Charlestown (und gleichzeitig ein Fichtenbaum in der Nähe).	Folgt den zufäll. eisernen Leitungsstücken u. bringt mech. u. physiolog. Wirkungen hervor. (Eine der unter dem Baum befindl. Personen getödtet.)	Reimarus, v. Bl. 220.
85.	1767	Aug. 6.	. . .	Nicolaithurm in Hamburg.	Folgte der zufäll. Leitung von bleiernen Abgussröhren, die theilweise Schmelz. erfuhren. In einem angebauten Hause Zerschmett. am Boden angericht.	Ibid. 291.
86.	1767	Juli 18.	. . .	Sechs Schornsteinröhren in einem Haus der Strasse Plumet zu Paris.	Chemische Wirkungen (erstickender Geruch) und Schmelzungen.	Arago IV. 76. 172.
87.	1768	Aug. 21.	(Morgens)	Westseite des Thurmes der Kirche zu Alem an der Maas.	Mechanische Zerstörungen und physiologische Wirkungen.	Haarlem'sche Verhandeling XIV. 34.
88.	1768	Aug. 21.	,,	Schornstein eines mit Stroh gedeckten Hauses an dieser Kirche.	Mechanische Wirkungen und Schmelzungen.	Ibid.
89.	1768	März 14.	$12\frac{3}{4}^h$ Morgens	St. Jakobsthurm zu Rostock, an der kupfernen Bedeckung.	Zündung. Eigenthümliche Schmelzungen an den Uhrzeigern, die bei früheren Blitzschlägen auch schon vorkamen.	Reimarus, v. Bl. 490.
90.	1769	Mai 31.	12^h Mittags	Schornstein eines hervorragenden Gebäudes zu Hannover.	Zweifache Entladung, die zufälligen Leitungen folgten, mechanische Wirkungen und Schmelzungen hervorbrachten. Chemische Wirkungen.	Hann. Mag. 1769. P. 769.
91.	1769	. . .	. . .	Haus an der Elbe zu Hamburg.	Folgte zufälligen Leitungen aus Blei.	Reimarus, v. Bl. 68.
92.	1769	Juli 25.	. . .	Blechverzierung eines Thorpfeilers zu Rendsburg.	Ein Ingenieurofficier in Uniform, unter dem Thore stehend, getroffen und bloss betäubt, die Unruhe seiner Uhr magnetisch, die Metallverzierung der Uniform angeschmolzen etc.	Ackermann, Nachricht von der Wirkung eines Wetterstrahls p. 18.
93.	1769	Juli 17.	4^h Morgens	Wetterfahne des Thurmes zu Segeberg.	Zufällige Leitungsstücke geschmolzen, zersplittert, einen Sarg zersprengt.	Reimarus, v. Bl. 300.
94.	1769	Mai 30.	. . .	Eiserne Dachplatten an der Giebelspitze eines Wirthshauses zu Stockholm.	Folgte zufälligen Leitungen mit mechanischen und einigen physiologischen Wirkungen.	Schwed. Abhandl. XXXII. 115.
95.	1769	April 22.	8^h Abends	Thurm zu Hohengebrachim bei Regensburg.	Folgte zufälligen Leitungen — unter Hervorbringung einer Zündung —.	Steiglehner, a. a. O.
96.	1769	Aug. 18.	(Morgens)	Pulverthurm zu Brescia.	(S. Seite 154.)	Arago IV. 223.
97.	1770	. . .	. . .	Die kupferne Bedeckung des kleineren Thurmes am akadem. Collegium zu Wien.	Folgte nur metallischen — unterbrochenen — Leitungsstrecken.	Mako a. a. O. 49.
98.	1770	Juli 27.	. . .	Von einem hohen Mastbaume aus auf das in der Nähe befindliche Jagdhaus zu Prifling bei Regensburg.	Mechanische Wirkungen und Schmelzungen — sowie physiol. Erschein. — auf der aus unterbrochenen Leitern gebildeten Strecke.	Steiglehner, a. a. O. p. 53.
99.	1770	Juli 12.	. . .	Drei Häuser in Philadelphia und eine Schalupe; unter jenen war Mulde's Wohnhaus mit einem Blitzabl. versehen.	(Bedeut. Beschäd. an den unbewaffneten Objecten.) Von dem Blitzableiter wurde nur die Spitze abgeschmolzen, das Haus selbst blieb ganz unbeschäd.	*Phil. Trans.* LXIII. 38.
100.	1770 (?)	. . .	. . .	Ein Anbau eines mit Blitzableiter versehenen Gebäudes, von diesem nur etwa 60 Fuss entfernt.	Jener Anbau am Dache beschädiget.	Ibid. LXIV. 140.
101.	1770 (?)	. . .	. . .	Der Blitzableiter des akad. Gebäudes und ein Schornstein eines Nachbarhauses zu New-Cambridge.	Jenes blieb unbeschädiget, dieser erlitt bedeutende Beschädigungen.	Ibid. 147.
102.	1770	Juli 25.	6^h Morgens	Die kupferne Bedeckung des Thurmes der Anschariuskirche zu Bremen.	Folgte einer zufälligen Leitung, ganz ähnlich wie in früheren Jahren (1746, 1755 und 1756).	Reimarus, v. Bl. 472. (Einer der lehrreichsten Blitzschläge.)
103.	1770	. . .	. . .	Blecherner Knopf des Thurmes der Kapuzinerkirche zu Speier.	Folgte einer metallischen Leitungsstrecke, und übte am Ende derselben bedeutende mechanische Beschädigungen aus.	Hemmer, Act. acad. Palat. IV. 37.
104.	1770	Juli 30.	. . .	Schloss Leutershausen, unweit Mannheim.	Bedeutende mechanische Beschädigungen und Schmelzungen.	Ibid. 38.
105.	1770	Febr. 18.	. . .	Kirche zu St. Kevern (Cornwall).	Chemische und physiologische Wirkungen.	Arago IV. 76. (Kurze Andeutungen.)
106.	1771	Febr. 2.	10^h Morgens	Nicolaikirche zu Kiel.	Folgt den metallischen Leitungen von der Helmstange aus durch Triebstange des Stundenzeigers etc. etc. mit physiol. Wirk. auf der Strecke.	Ackermann's Nachricht hierüber. Kiel 1772.
107.	1772	. . .	. . .	Schornstein eines Hauses zu Wettin bei Halle.	Sprengungen, Schmelzung und physiologische Wirkung (Tödtung).	Beitr. zu Beförder. der Naturk. I. 148.
108.	1772	März	. . .	Anbau an Withfields Kapelle zu London.	Folgt von der am Dache angebrachten metall. Verzierung aus den unterbrochenen Metallstrecken. Mechan. Wirkungen und Tödtung einer Person.	*Phil. Trans.* LXII. 131.
109.	1772	Juni 20.	. . .	Schornstein des Pfarrhauses zu Steeple-Ashston, Grafschaft Wilts.	Bedeutende mechanische Zerstörungen, Schmelzungen der Leitungsstücke, physiol. und chemische Wirkungen in den getroffenen Räumen.	Ibid. LXIII. 232.
110.	1772	Aug. 8.	. . .	Ein Giebel eines mit Schiefer gedeckten Hauses zu Clausthal.	Zerstörung des Schieferdaches. Mechanische und chemische Wirkungen. (Es werden die physiologischen Wirkungen, insbesondere die Erscheinungen an einer durch diesen Blitzschlag getödteten Person beschrieben.)	
111.	1772	Aug. 8.	. . .	Von einer Eiche aus auf ein ganz nahe liegendes mit Stroh gedecktes 48 F. hohes Bauernhaus zu Eckwort in Hannover.	Mechanische, chemische und physiologische Wirkungen.	Guden etc. p. 183.
112.	1772	Juli 20.	(Abends)	Knopf des Kirchthurms zu Buch, unweit Berlin.	Folgt den zufälligen Metallstrecken, und richtet hierauf bedeutende mechanische Zerstörungen an.	Reimarus, v. Bl. 508.
113.	1772	Sept. 17.	(Morgens)	Vier verschiedene Gebäude zu Padua.	Mechanische Wirkungen. (Keine detaillirte Beschreibung.)	Arago IV. 220. 235.
114.	1772	März	. . .	St. Pauls-Kirche zu London.	Folgt zufälligen Leitungen.	Ibid. IV. 88.
115.	1773	März 15	. . .	Ein Haus in Neapel.	(S. Seite 64.)	*Phil. Trans.* LXIII. 324.
116.	1773	. . .	. . .	Eine eiserne $\frac{1}{2}$ Zoll dicke Stange an dem Obelisk des St. Georges Feldes zu London.	Spuren des Glühens an der Stange wahrgenommen.	Ibid. LXIV. 150.
117.	1773	. . .	. . .	Thurm der St. Peterskirche zu London.	Sprengungen am Thurm und Kirchendach; folgt sodann den bleiernen Abfallröhren. (Die 200 Fuss davon entfernte, mit einer Ableitung versehene Michaelskirche blieb dabei unberührt.)	Ibid. 140.
118.	1773	Juni 15.	. . .	Windfahnen des Pfarrhofes zu Forstenried bei München.		Epp, Abhandl. von dem Magnetismus der nat. Elektr. p. 96.
119.	1774	Juli 11.	. . .	Ein erhabenes Gebäude an der östlichen Seite der Stadt Hamburg.	Folgte nur zufälligen Leitungen unter Ausübung mechanischer Zerstörungen.	Reimarus, v. Bl. 236.
120.	1774	Juni 17.	2^h Morgens	Ein vom Blitzableiter etwa 50 F. entf. Schornstein eines auf einem Hügel frei stehenden Hauses zu Tenterden in Kent.	Folgte einer zufälligen Leitung (Regenröhren), die besser sich eignete, als der mangelhafte Blitzableiter. (Es hatte schon vorher heftig geregnet.)	*Phil. Trans.* LXV. 336.
121.	1774	Febr. 24.	. . .	Thurm von Rouvroi, nordwestlich von Arras.	Mechanische Wirkungen, Sprengungen.	Arago IV. 212.
122.	1775	Juli 7.	. . .	Thurm des Schlosses zu Dresden. (Wurde bis dahin schon achtmal im lauf. Jahrhunderte vom Blitze getroffen.)	Beschädigungen an den zufälligen Leitungen.	Schrift d. Leipziger ökon. Soc. V. 223.
123.	1775	Juni 11.	. . .	Windfahne am Pulverthurm des heil. Secundus zu Venedig.	Folgt zufälligen Leitungen ohne Beschädigungen.	Samml. für Phys. u. Naturg. II. 29.
124.	1775	Juni 27.	7^h Abends	Thurm einer Kirche zu München und ein 3000 Fuss davon entferntes Haus.	Beschädigungen am Thurme; Zündung des Hauses.	Epp, a. a. O. p. 90.
125.	1776	Juni 15.	. . .	Pallast Minuzzi im Gebiete von Ceneda.	Bedeutende mechanische Wirkungen.	Arago IV. 235.

Verzeichniss von Blitzesentladungen gegen Bauwerke, worüber hinreichende Beschreibungen der dabei wahrgenommenen Thatsachen vorhanden sind.

(Schluss.)

Nummer.	Jahr.	Monat und Tag.	Stunde.	Getroffenes Object, und Stelle, von welcher die Blitzesentladung ausging.	Allgemeines über die Wirkungen der Blitzesentladung.	Quelle, in welcher die Beschreibung des Ereignisses sich vorfindet.
126.	1777	Mai 15.	. . .	Pulvermagazin zu Purfleet.	(S. Seite 156.)	
127.	1777	Mai 11.	$11\frac{1}{2}^{h}$ Morgens	Sternwarte zu Padua.	Schmelzungen an der Auffangstange, Beschädigung des aus Eisendrähten geflochtenen Blitzableiters (Schmelzung), mechanische Wirkungen.	Toaldo, *Relazione del fulmine caduto nel conduttore della pubblica specola di Padova.* Padova.
128.	1777	April 18.	12^{h} Mittags	Blitzableiter des Thurmes von Siena.	(S. Seite 184.)	
129.	1777	Aug.	. . .	Pallast des Fürsten Esterhazi zu in Ungarn.	Der Pallast war von Blitzableitern, die auf Masten angebracht waren, umgeben; die Entladung erfolgte gegen einen Thurm im Garten, verfolgte die Abfallröhre etc.	Hemmer a. a. O. 62.
130.	1777	. . .	. . .	Thurm zu Cremona.	Die Wetterfahne zerschlagen und abgerissen, der Marmor am Fussgestell gebrochen. (Die eiserne Fahnenstange von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchm. nicht erhitzt.)	Arago IV. 88.
131.	1777	. . .	. . .	Eine mit Holz gedeckte Scheune in der Nähe einer grossen Pappelallee zu Nymphenburg.	(Zündung.)	Epp, a. a. O. 30. (Kurze Andeutungen.)
132.	1778	April 15.	11^{h} Morgens	Thurm der Hauptkirche zu Altona (S. No. 63).	Schmelzung einer zufälligen Leitung.	Reimarus, v. Bl. 61.
133.	1779	Aug. 13.	2^{h} Abends	Giebel der Frontspitze eines Gartenhauses zu Eimsbüttel.	Verfolgt zufällige Leitungen.	Reimarus, Neuere Bemerk. p. 41.
134.	1779	Aug. 12.	. . .	Ein Haus in einer Vorstadt Hamburgs. (Schornstein.)	Zerschmettern des Schornsteins. Folgt einer zufälligen Drahtleitung in den Gipswänden etc.	Ibid. p. 53.
135.	1779	Aug. 14.	6^{h} Morgens	Blitzableiter der Kirche della Madonna della Guardia unweit Genua.	Vergoldete Kupferspitze abgeschmolzen, Krampen zerstört, Steine aus dem Boden gerissen etc. Verletzung mehrerer Personen in und in der Nähe der Kirche. (Die Bodenleitung fehlte.)	Landriani, a. a. O. p. 166.
136.	1779	Juni 29.	1^{h} Abends	Ein nordnordwestlich von Lübeck in der Vorstadt gelegenes Haus.	Zündungen am Dache; verfolgt sodann eine zufällige Leitung unter bedeutenden Wärme-, mechanischen und physiologischen Wirkungen.	Reimarus, Neuere Bemerk. p. 127.
137.	1779	Sept. 5.	. . .	Ein Pallast zu Mannheim.	Die Spitzen der Auffangstangen des Blitzbleiters geschmolzen.	Hemmer, a. a. O. p. 42.
138.	1780	(Sommer)	. . .	Die mit Stroh gedeckte Dachfläche eines kleinen Hauses des Rittergutes Madsao in Meklenburg.	Zündung.	Reimarus, Neuere Bemerk. p. 24.
139.	1780	Sept.	. . .	Haus zu Eastbourne.	Eigenthümliche mechan. Wirkungen an den Fensterscheiben; ferner Tödtung zweier Personen.	Arago IV. 235.
140.	1780	Mai 24.	. . .	Fehlerhafter Blitzableiter des Kirchthurmes St. Franz. della Vigna (Padua?).	Der Blitzableiter war auf den vierten Theil seiner ganzen Länge unterbrochen, und an dieser Unterbrechungsstelle wurden bloss einige Zerstörungen beobachtet. (Dieser Thurm wurde fast jährlich vor dem J. 1780, wo er mit einem Blitzableiter versehen wurde, von Blitzschlägen heimgesucht, und ward im J. 1779 auch zerstört.)	Landriani etc. etc. p. 181.
141.	1780	Aug. 8.	(Nachts)	Thurm der Pfarrkirche zu Padernello (Blitzableiter getroffen).	Ohne Beschädigung, während dieser Thurm vor der Errichtung des Blitzableiters von einem Blitzschlage verwüstet worden war.	Ibid. p. 184.
142.	1780	Sept. 25.	3^{h} Abends	Der mit Kupfer gedeckte Thurm der heil. Geistkirche zu Hamburg.	Einige Beschädigungen am Kirchendach, folgte den zufälligen Leitungsstrecken.	Reimarus, Neuere Bemerk. 24.
143.	1781	Juni 17.	. . .	Armen-Beschäftigungshaus zu Heckingham.		(S. oben S. 211.)
144.	1781	Sept. 15.	. . .	Eiserner Haken eines Schieferdaches an einem Hause zu Brest.	Zufällige Leitungen. Die Regenröhre an der Stelle, wo sie ins Wasserreserv. einmündet, geborsten; verschied. andere mechan. Wirkungen.	Reimarus, Neuere Bemerk. 47.
145.	1781	(Sommer)	. . .	Frei stehendes Landhaus bei Hamburg.	Folgt zufälligen Leitungen in und an den Mauerwänden; Zerstörungen auf unterbrochenen Strecken.	Ibid. p. 88.
146.	1781	Aug. 2.	11^{h} Abends	Schloss zu Seefeld.		(S. oben S. 122.)
147.	1781	Dec. 3.	6^{h} Abends	Kugelf. Conductor des Blitzableiters an der Domkirche zu Montpellier.	Licht- und Schall-Erscheinungen ohne weitere nachtheilige Wirkung.	*Assemblée publique de la Soc. Roy. de Montpellier 1781.* p. 69.
148.	1781	Sept.	. . .	Schlosskirche von Abere, fünf Meilen von Genf entfernt.	Zündung und Zerstörung.	Landriani. p. 70. (S. oben S. 50.)
149.	1781	Aug. 15.	. . .	(No. 139.)	Der Blitzableiter — theilweise aus einer Kette bestehend — zerstört, unter Zurücklassung anderer mechan. Wirkungen.	Ibid. p. 182.
150.	1781	. . .	. . .	Eine Scheune auf dem Meklenburg. Gute Catelbogen bei Bützow.	Gezündet und eingeäschert.	Reimarus, Neuere Bemerk. p. 77.
151.	1782	Aug. 23.	. . .	Der Blitzableiter dieses — neu errichteten — Gebäudes.	Spuren von Wärmewirkungen an der Leitung des Blitzableiters — einem 6 Zoll breiten System von verzinnten Eisenblechstreifen. —	Ibid. p. 77.
152.	1782	Aug. 15.	. . .	Eine sehr hohe Linde ganz nahe an den mit Blitzabl. versehenen Gebäuden eines Gutes Königshayn bei Görlitz.	Diese Linde von 75 auf 20 Fuss verkürzt (zerschmettert), noch eine nächste Linde beschädiget. Diese Bäume waren 5 Fuss niederer als die nächsten Ableiter, von denen die erste Linde um 170 Fuss entfernt war.	Sammlung z. Phys. u. Naturgeschichte III. 93. (Bemerkenswerthe Beschreibung.)
153.	1782	Juni 10.	. . .	Schornstein eines Hauses zu Hamburg neben einem Thorweg.	Von diesem Schornst. zu einem zweiten, 7 F. niedrigeren, und folgt von da aus Dachrinnen etc. und den zufälligen Drähten in den Mauerwänden, unter Schmelzungen und Sprengungen.	Reimarus, N. B. p. 45.
154.	1782	Febr. 27.	2^{h} Abends	Wetterfahne des Jakobsthurmes zu Rostock.	Schmelzungen an zufälligen Leitungen und mechanische Wirkungen auf dieser Strecke.	Ibid. p. 69.
155.	1782	Mai 7.	7^{h} Abends	Pulvermagazin zu Grossglogau.		Landriani, p. 227. (S. oben S. 156.)
156.	1783	Aug. 24.	6^{h} Abends	Ein an der westlichen Ecke des Schlosses zu Dresden (No. 122) befindlicher Altan etc.	(Das Schloss ist seit dem J. 1778 mit Blitzableitern versehen.) Folgt zufälligen Leitungen, bis nach einigen mechan. Wirkungen die Ausleitung in einem Blitzableiter erfolgte.	Reimarus, N. B. p. 39. 250.
157.	1783	Aug. 3.	7^{h} Abends	Blitzableiter der Rembertskirche zu Bremen.	Der in die Erde einmündende Theil der Leitung (ein 4 Zoll breiter Kupferstreifen) glühend geworden, die Erde aufgeworfen.	Ibid. p. 117.
158.	1784	März 20.	. . .	Schauspielhaus zu Mantua.	Von vierhundert dort versammelten Personen zwei getödtet, zehn verletzt, Ohrringe, Uhrschlüssel etc. geschmolzen, Diamanten gespalten, ohne die Personen, die sie trugen, zu beschädigen.	Arago IV. 217.
159.	1784	Sept. 20.	11^{h} Abends	Blitzableiter des Pallastes Malavolti zu Siena.	Die Spitze beschädiget, Spuren von mechanischen Wirkungen bei der Ausleitung in den Boden.	Landriani, p. 61.
160.	1785	Sept. 15.	5^{h} Abends	Drei an einander gebaute Häuser zu Avignon.	Folgt zufälligen Leitungen an Treppen; bedeutende mechanische und physiologische Wirkungen.	*Journ. encyclop.* 1786. p. 355.
161.	1785	Sept. 23.	4^{h} Morgens	Kupferner, kugelf. Conductor des Blitzableiters am Hauptthurme der Reinalduskirche zu Dortmund.	Der eiserne Ableiter wellenförmig gebogen.	Act. acad. Theod. Palat. VI. 516.
162.	1786	Aug. 24.	. . .	Schornstein eines Hauses zu Presburg, der 132 F. niederer als die mit Ableitern versehenen Thürme des um etwa 500 F. davon entfernten Schlosses war.		Reimarus, N. B. p. 35.
163.	1786	April 22.	5^{h} Abends	Blitzableiter (aus Kupferdraht) eines Hauses zu Zürich.	Die dreifachen Spitzen der Auffangsstangen abgeschmolzen; an dem etwa 60 Fuss davon entfernten Hause, wo ein unterbrochener Blitzableiter angebracht war, beobachtete man starke Entladungen und Erschütterungen. (Rückschlag.)	*Journ. de phys.* Août 1786. p. 90. (Reimarus, N. B. p. 66.
164.	1786	Juni 26.	$11\frac{3}{4}$ Morgens	Haus zu Türkheim.	Bedeutende mechanische Zerstörungen. Beschädigungen von Personen.	Act. acad. Theod. Palat. VI. 332.
165.	1786	Juni 26.	$11\frac{3}{4}$ Morgens	Kirche zu Wachenheim.	Aehnliche.	Ibid.
166.	1787	Aug. 10.	9^{h} Abends	Kupferne Bedeckung des Johannisthurmes zu Hamburg.	Folgt zufälligen Leitungen unter Rücklassung von Spuren der Schmelzung an bleiernen Abfallröhren. Erscheinungen des Rückschlages in entfernten Häusern der Stadt.	Reimarus, N. B. p. 89.
167.	1787	Juli 17.	. . .	*Ein Haus in London.*	Schmelzungen, mechanische und physiologische Wirkungen.	Ibid. 155.
168.	1788	*Mai 24.*	. . .	*Ein Nebengebäude eines Hauses an der Alster zu Hamburg.*	Bedeutende mechanische Wirkungen und Schmelzungen.	Ibid. p. 26.
169.	1788	*Juli*	. . .	*Blitzableiter des Pulverthurmes auf der Insel Amak bei Kopenhagen.*	Die Spitze der Auffangstangen (vergoldeter Kupferkegel) zerstört.	Act. acad. Theod. Palat. VI. 531.
170.	1788	Juni	. . .	Blitzableiter eines Hauses zu Dockenhuden bei Hamburg.	Die Spitze umgebogen, die Leitung an manchen Stellen geschmelzt, der Boden an der Ausleitung aufgerissen.	Reimarus, N. B. p. 116.
171.	1789	Juni 21.	. . .	Der Blitzableiter eines an einer Anhöhe gelegenen Hauses zu Oppenweiler in Würtemberg.	Die vergoldete Kupferspitze bis an der Stelle, wo sie 2 Linien dick war, geschmolzen, die Stange umgebogen, die Verbindungsstellen geborsten, Spuren von mechanischen Wirkungen im Boden etc.	Act. acad. Theod. Palat. VI. 523.
172.	1789	Febr. 16.	4^{h} Abends	Messingener Knopf eines mit Blitzableitern versehenen Thurmes zu Dortmund.	Der kugelförmige Conductor aufgesprengt.	Ibid. p. 520.
173.	1790	Juli 9.	. . .	Blitzableiter des Petersthurmes zu Rostock.	(Die Leitung aus Kupferblech war 5 Zoll breit.) In der Nähe der Ausleitung in den Boden erfolgten Sprengungen; in benachbarten Räumen und Gebäuden Wirkungen von Rückschlägen und chemischen Erscheinungen.	Reimarus, N. B. p. 112.
174.	1791	Juni 7.	. . .	Blitzableiter der Klosterkirche zu Neresheim.	Die Spitzen an drei Auffangstangen abgesprengt.	Ibid. p. 103.
175.	1792	Juli 21.	. . .	Schornstein eines mit Blitzableitern versehenen Hauses bei Hamburg.	Mechanische Beschädigungen und physiologische Wirkungen im Hause.	Ibid. p. 110.
176.	1794	Juli 2.	11^{h} Morgens	Haus zu Belzig in Sachsen.	(In drei Böden waren etwa 1000 Ctr. Schafwolle aufbewahrt.) Folgt zufälligen Drahtleitungen in den Wänden; mech. und physiol. Wirkungen.	Gilb. Ann. LXIV. 268.
177.	1795	Dec. 25.	. . .	Kirche bei Bergen in Norwegen.	Zündung.	Ibid. XXIX. 176 (Notiz).
178.	1804	Aug. 16.	9^{h} Abends	Schornsteine der nordöstl. Giebelseite des Universitätsgebäudes zu Breslau.	(Die getroff. Stellen waren beiläufig 400 Fuss weit von dem Blitzabl. des Observatoriums entfernt.) Bedeutende Zerstörungen und Schmelzungen.	Ibid. p. 36.
179.	1806	Dec.	. . .	Kirchthürme zu St. Martin, zu Vitré, von Erbré, Croisilles und Etrelles.	(Bedeutende Zerstörungen.)	Arago IV. 221 (Andeutung). [*Ann. de chim. et de phys.* . . ?]
180.	1807	Juni 26.		Haus in Aubervilliers.	(Verwüstet neun Zimmer.)	Ibid. p. 221. (Kurze Andeutung.)
181.	1807	Juni 26.	$11\frac{1}{2}$ Morgens	Pulvermagazin zu Luxemburg.	Ungeheure Zerstörungen.	Ibid. 223.
182.	1807	Juni 13.	2^{h} Abends	Blitzableiter des Münz-Cabinetes zu Paris.	Schmelzung der Spitze, Schmelzungen und einige Sprengungen. (Die Bodenleitung wirkungslos, die Leitung fehlerhaft.)	Gilb. Ann. XXIX. 52.
183.	1807	Oct. 6.	(Abends)	Schloss Lichtenstein in Böhmen.	Folgt den zufälligen Leitungen, unter Hervorbringung bedeutender mechanischer Wirkungen.	Ibid. p. 55.
184.	1808	Aug. 29.	. . .	(Mehrere Punkte in Paris.)		Ibid. p. 212. 221.
185.	1808	Sept. 9.	* . . .	Pulvermagazin bei Venedig.	Zerstörungen.	Ibid. 223.
186.	1808	Aug. 22.	. . .	Ein Haus zu Knonau in der Schweiz.	Tödtung und Verletzung von Personen.	Ibid. p. 229.
187.	1808	Jan. 11.	1^{h} Abends	Der mit Kupfer gedeckte und mit Ableitern versehene Petersthurm zu Freiberg.	Mechanische Beschädigungen in der Nähe des (nicht continuirlich angeordneten) Blitzableiters.	Ibid. p. 58.
188.	1809	Aug. 6.	. . .	Ein Haus unweit Manchester.	(S. Seite 21.)	*Mem. of the Phil. Soc. of Manchester.* II. 2. Arago. IV. 103.
189.	1809	Febr. 14.	. . .	Windmühle auf der Strasse nach St. Denis.	Zerschmetterung dieser Windmühle.	Arago IV. 221. (Kurze Andeut.)
190.	1810	Juni 29.	. . .	Ein Haus der Strasse Popelnière zu Paris.	Bedeutende Zerstörungen.	Ibid. p. 221 (Notiz).
191.	1811	Juli 2.	11^{h} Morgens	(No. 176.)	Zündung des Daches. (Auch diessmal war Schafwolle dort aufgespeichert.)	Gilb. Ann. LXIV. 270.
192.	1815	Jan. 11.	$10\frac{1}{2}^{h}$ Morgens	Wetterhahn am Lamberti-Thurm zu Düsseldorf.	Zündung und Sprengungen. (Der Blitzableiter aus Bleistreifen unwirksam gewesen.)	Ibid. L. 343.
193.	1815	Jan. 11.	10^{h} Morgens	Blitzableiter des Reinaldi-Thurmes zu Dortmund.	Die Bleifütterungen an den Verbindungsstellen geschmolzen und gezündet.	Ibid. p. 346.
194.	1819	Juli 11.	. . .	Chateauneuf-le-Moustiers (Niederalpen).	(Zerstörungen und Tödtungen, sowie Wirkungen des Rückschlages neben der Kirche.)	Arago IV. 76. 217. 240. 252. (Kurze Andeut.)
195.	1819	Juni 19.	. . .	Blitzableiter des Hauptthurmes am Dom zu Mailand.	Mechanische Zerstörungen. (Die Ausleitung ging in eine mit Steinplatten ausgelegte Cisterne.)	Arago IV. 299. Gilb. Ann. LXIV. 275.
196.	1819	Juni 5.	11^{h} Abends	Westlichste Giebelseite (?) eines mit zwei Ableitern versehenen Hauses zu Koppigen, Canton Bern.	Zündung und Zerstörung aller brennbaren Theile des Gebäudes.	Gilb. Ann. LXIV. 227. (Ausführl. Beschreib.)
197.	1819	Juni 8.	3^{h} Abends	Ein Wohnhaus zu Bern; Schornstein.	(Dieses Haus ist von Bäumen umgeben, und die in seiner Nachbarschaft befindlichen Gebäude haben Blitzableiter.) Zerstörungen und physiologische Wirkungen im Innern des Gebäudes. —	Ibid. p. 245.
198.	1819	Juli 5.	. . .	Schornstein eines Lehenhauses in Wittikofen bei Bern.	(Auf der Ostseite des sehr hohen Hauptgebäudes.) Zerstörungen am Dache.	Ibid. p. 249.
199.	1819	Juli 29.	. . .	Doppelkamin über der Scheide zweier Häuser zu Bern.	Dreifache Entladung. Zersprengung des Kamines, Schmelzung zufälliger Leitungen etc.	Ibid. p. 250.
200.	1819	Sept. 2.	1^{h} Abends	(No. 176.) Blitzableiter dieses Hauses.	Die Spitze der Auffangstangen (aus Kupfer und vergoldet) abgeschmolzen, Spuren von Beschädigungen an Verbindungsstellen.	Ibid. p. 273.
201.	1820	Juli 1.	3^{h} Abends	Nachbarschaft des Wirthshauses auf dem Rigi-Kulm.	Tödtung einer vor dem Hause stehenden Person.	Gilb. Ann. LXVIII. 223.
202.	1821	Juli 3.	. . .	Haus neben der Kirche des heil. Gervasius.	Mechanische Wirkungen und Schmelzungen an der Dachbekleidung.	Arago IV. 101. *Biblioth. univers.* 1821 . . .
203.	1821	April	. . .	Blitzableiter auf dem Schlosse Ortenburg in Schlesien.	Dieses Schloss blieb unbeschädigt; die Entladung fand ihre Ausleitung im Boden an einem tief gelegenen Hause, das gezündet wurde, und mit dem noch 22 andere abbrannten.	Gilb. Ann. LXVIII. 220.
204.	1821	April 29.	. . .	Mühle zu Kochersdorf in Schlesien.	Zündung des Gebäudes.	Ibid.
205.	1821	Mai 7.	. . .	Thurm der kath. Kirche zu Gross-Selten in Schlesien.	Zündung und Abbrennen des Thurmes mit Kirche.	Ibid. p. 221.
206.	1821	Mai 7.	. . .	Hölzerner Thurm der kath. Kirche zu Tischendorf in Schlesien.	Zündung und Abbrennen des Thurmes.	Ibid.
207.	1821	Mai 8.	$2\frac{1}{2}^{h}$ Abends	Kirchthurm zu Carlsruhe (?).	Mechanische Zerstörungen.	,,
208.	1822	Jan. 15.	. . .	Kirchthurm zu Gerstetten, Würtemberg.		Würtemberger Jahreshefte XI. 463 (Notiz).
209.	1824	Juli 10.	. . .	Kirchthurm und ein Wohnhaus zu Simmersfeld.	Zündung, Verletzung von fünf Personen, worunter eine getödtet.	Ibid. (Notiz.)
210.	1824	Sept.	. . .	Ein Haus zu Milton-of-Comage.	Eigenthümliche mechanische Wirkungen.	Arago IV. 235.
211.	1826	Sept. 24.	. . .	Meierei bei Versailles.	Mechanische und elektrische Wirkungen.	*Ann. de chim. et de phys.* XXXIII. 418.
212.	1827	Juni 25.	8^{h} Abends	Haus No. 1349 in Vicenza.	Folgt zufälligen Leitungen, mechanischen Wirkungen und Schmelzungen an der Dachrinne und dem Abfallrohre.	Arago IV. 102.
213.	1827	Jan. 11.	. . .	Kirchthurm auf dem Bussen, Würtemberg.	Der Glockenstuhl gezündet, obgleich der Thurm beschneit war.	Würtemb. Jahresh. XI. 463 (Notiz).
214.	1828	Juli 3.	(Nachts)	Eine Hütte zu Birdham, unweit Chichester.	Bedeutende Zerstörungen im Innern dieser Stätte; physiologische Wirkungen.	Arago IV. 230 (Notiz).
215.	1829	Febr. 23.	4^{h} Abends	Blitzableiter des Pulvermagazins zu Bayonne.	Abschmelzen der Spitze, Schmelzungen etc. etc. an verschiedenen Stellen der getroffenen Strecke; Beschädigungen an der Bodenleitung.	Ibid. p. 304.
216.	1829	Juli 31.	. . .	Gefängniss zu Charlestown. (Blitzableiter.)	Rückschlag (?) im Innern des Gebäudes.	Ibid. p. 302.
217.	1831	(Sommer)	. . .	Melloni's Landhaus zu Vallera bei Parma. (Blitzableiter.)	Die ziemlich dicke Spitze aus vergoldetem Kupfer abgeschmolzen, die Leitung heftig erschüttert. (Die Kirche, sowie Bäume etwa in 160 bis 180 Fuss Entfernung von diesem Gebäude.) —	Ibid. p. 320.
218.	1832	Juni 16.	. . .	Eine Feldhütte zu Enzweihingen in Würtemberg.	Tödtung einer Person, Beschädigung von 22 anderen.	Würtemb. Jahresh. XI. 465 (Notiz).
219.	1835	März 3.	5^{h} Abends	Kirchthürme an versch. Orten in Würtemberg.		Ibid. (Notiz.)
220.	1835	Mai 16.	. . .	Kirchthurm zu Endersbach in Würtemberg.	Starke mechanische Beschädigungen.	Ibid. (Notiz.)
221.	1835	Sept. 17.	. . .	Ein Haus in Ulm; dann 2 Häuser zu Ermirgen in Würtemberg.	. . .	,, ,,
222.	1838	Sept. 5.	(Nachts)	Kaserne St. Maurice zu Lille.	(Mechanische Beschädigungen im Innern.)	Arago IV. 231. (Kurze Andeut.)
223.	1839	Jan. 8.	. . .	Kirchthurm zu Hasselt.	(Eigenthümliche Lichterscheinungen nach dem Gewitter.)	Ibid. 125 (Notiz).
224.	1840	Aug. 25.	. . .	Mühle zu Ellenbogen in Würtemberg.	Zündung; Tödtung einer Person.	Würtemb. Jahresh. XI. 467 (Notiz).
225.	1843	Sept. 9.	. . .	Kaserne zu Fougères in der Bretagne.	(Mechanische Beschädigungen und Schmelzungen.)	*Compt. rend.* XVII. 908.
226.	1843	Juli 10.	$1\frac{1}{2}^{h}$ Abends	Blitzableiter am Strassburger Münster.	(S. Seite 169.)	*Compt. rend.* XVII. 254; Pogg. Ann. LXVI. 548.
227.	1845	März 28.	11^{h} Morgens	Blitzableiter eines Treibehauses an den Bergwerken zu Freiberg.	Wirkungen in den Gruben.	Pogg. Ann. LXV. 607.
228.	1845	Dec. 20.	. . .	Schloss Boisyvon bei Vire (Frankreich).	In 9 Meter Entfernung vom Blitzableiter grosse Verwüstungen. (Die Ausleitung des Ableiters befand sich in einem gemauerten Reservoir.)	*Compt. rend.* XXII. 177.
229.	1846	Juni 14.	. . .	Kirche zu St. Thibaud-de-Cours unweit Chambery.	Chemische Wirkungen (?).	Ibid. XXIII. 153; Pogg. Ann. LXIX. 534.
230.	1847	Juni 18.	(Abends)	Ein Wohnhaus mit Stallgebäude in der Namslander Vorstadt von Bernstadt.	Zweifache Entladung. Tödtung zweier Pferde. Eigenthümliche Wirkungen in dem Brunnen.	Pogg. Ann. LXXII. 176.
231.	1847	Juni 30.	5^{h} Abends	Gefängniss de la Châtre.	Mechanische, physiologische und chemische Wirkungen.	*Compt. rend.* XXV. 85.
232.	1847	Juni	10^{h} Abends	Kirche von Thann (Ober-Rhein).	Mechanische Wirkungen und Schmelzungen.	Ibid. XXIX. 485.
233.	1848	Sept. 5.—6.	(Nachts)	Schornstein einer Dampfmaschine in einem Fabrikgebäude der Umgebung von Paris.	Zerschmetterungen und Fortführung eines bedeutend grossen Stückes Mauerwerk.	Ibid. XXVII. 296.
234.	1849	Juli 26.	. . .	Eine Häuserreihe zu London.	(Ohne Beschädigung. Die Entladungen scheinen durch den Gewitterregen vermittelt worden zu sein.)	*Phil. Mag.* XXXV. 161 * u. f. S.
235.	1851	Juli 1.	. . .	Ein Wohnhaus zu (Nordamerika).	Zweifache Entladung. Physiologische Wirkungen.	Silliman *Journ.* (2) XII. 239.
236.	1851	Juli 27.	6^{h} Abends	Auf der Westseite eines Gebäudes zu Tallmadge. (Blitzableiter dieses Hauses?)	(S. 209.)	Ibid. X. 320.
237.	1852	Mai 17.	11^{h} Abends	Ein Gebäude (?) an der Ecke der Strasse Grenelle-St.-Germain zu Paris.	Eigenthümliche Wirkungen an einer in der Nähe befindlichen Person etc. etc.	*Compt. rend.* XXXIV. 822; Froriep Tageb. I. 307.

Anmerkungen. [1] Arago erwähnt (a. a. O. p. 137), dass in einem schmalen Landstriche, an der Küste von Bretagne, Herr Pezlaie die nachstehenden Blitzschläge aufzeichnen konnte; Spitze des Thurmes zu Brasport im Jahr 1817; — Thurm der Kirche zu Crozac im J. 1822; — Thurm der Pfarrkirche zu Auray im J. 1828; — Spitze des Thurmes zu Pluvigner im J. 1831; — Thurm zu Locmaria-Plabennec im J. 1833; — Kirche des heil. Michael zu Quimperlé im J. 1833; — Spitze der Kirche zu Plougeau, nahe bei Morlaix, im J. 1843; — Spitze der Kirche zu Bercram, nahe bei Landerneau, Datum unbekannt.

[2] Zu den in No. 195—200 erwähnten Blitzschlägen bemerkt Trechsel (Gilb. Ann. LXIV. 249), der dieselben beschrieben hat, Folgendes: „In einer Umgebung von nicht mehr als 5 bis 6 Stunden von Bern hat es in den 10 Wochen vom 23. Mai bis zum 2. August 11 Mal in Gebäude eingeschlagen. Nämlich: am 23. Mai zu Bümplitz, am 5. Juni zu Koppigen, am 8. Juni zu Bern, am 27. Juni zu Büren, am 5. Juli zu Wittikofen und bei Lumiswald, am 29. Juni zu Bern, endlich am 2. August zu Murzelen, zu Schüpfen, zu Zuchwyl und auf der Mutten. Dabei sind die vielen Blitzschläge in Ableiter, in Bäume und freies Feld nicht gerechnet. In Wichtrach z. B. wurde am 29. Juli eine Frau erschlagen, welche im Felde Hanf ausbreitete, und zwei andere Personen wurden betäubt zu Boden geworfen.“

[3] Nachträglich wird die von P. Hamilton in Gren's Journal der Physik (Band IV. p. 163) mitgetheilte „Beschreibung der Wirkungen des heftigen Gewitters, welches den 28. Mai 1790, Abends gegen halb 8 Uhr, die Stadt Erfurt betroffen hat“, hier erwähnt. Innerhalb $\frac{3}{4}$ Stunden kamen dabei sechs Blitzschläge vor, von welchen zwei gezündet hatten. Auf einem südöstlich des Löberthores gelegenen Felde fand man am darauf folgenden Tage eine durch eine Blitzesentladung erzeugte Aushöhlung von 152 Fuss Länge, 42 Fuss Breite und 14 Fuss Tiefe.

können, wenn man die genaueren Beschreibungen in den angegebenen Quellen nachliest. Eine solche Reihe von Thatsachen, wie sie die in der Zusammenstellung erwähnten Blitzschläge darbieten, ist für die Theorie der Gewitter interessant, für die Theorie der Blitzableiter aber bildet dieselbe gleichsam einen Theil der festen Grundlage, welche uns die Erfahrung darbietet. Jedoch kann ich nicht umhin, zu bemerken, dass diese Reihe noch nicht als ausreichend für eine solche Grundlage angesehen werden darf, es kommen manche Thatsachen, wie sie für die Theorie der Blitzableiter als nöthig erscheinen, und namentlich solche, welche auf die sogenannte Sphäre der Wirksamkeit der Blitzableiter sich beziehen, nur in mangelhafter Weise vor. Durch eine weitere Ausdehnung dieser Reihe mittelst Aufzählung in überwiegender Zahl bekannter Fälle von Blitzschlägen hätte ich diesen Mangel nicht ausfüllen können, weshalb ich es vorgezogen habe, alle jene Ereignisse, über welche die einigermassen genügenden Beschreibungen, sowie auch jene, welche nur durch Zeitungsnachrichten verbreitet worden sind, und für welche die wissenschaftlichen Quellen fehlen, hier ganz unbeachtet zu lassen. (Es möchte übrigens nicht ohne Interesse sein, wenn selbst einmal eine geschichtliche Zusammenstellung der sämmtlichen bekannt gewordenen Blitzesereignisse in ähnlicher Weise angefertiget würde, wie man derartige chronologisch geordnete Kataloge für Nordlichter, See- und Land-Tromben und andere bis jetzt räthselhaft gebliebene und seltene Erscheinungen angefertiget hat.)

Was die Blitzesereignisse auf der See betrifft, so ist von allen näher bekannt gewordenen Blitzschlägen gegen Schiffe von Harris eine solche Zusammenstellung gemacht worden, auf die ich daher (siehe S. 214) verweisen muss.

(*Folgt die beigefügte Tabelle: „über Blitzesentladungen gegen irdische Objecte“.*)

§ 54. Gefahren, welche durch das Gewitter in Folge der Blitzesentladungen herbeigeführt werden. — Versuche, die Intensität der Gewitter zu vermindern, sowie diese zu vertreiben.

Wenn wir selbst die geringe Zahl von Blitzschlägen, die ich aus der ungemein grossen Zahl der bekannt gewordenen Ereignisse dieser Art im Vorhergehenden zusammengestellt habe, näher betrachten, so gewinnen wir schon die Ueberzeugung, dass die Gefahren, denen Personen und Eigenthum durch Blitzesentladungen ausgesetzt sind, eine weit grössere Beachtung verdienen dürften, als diess gewöhnlich der Fall ist. In hohem Grade aber wird diese Ueberzeugung gesteigert, wenn wir nur die Zahl der unglücklichen Ereignisse, wie sie selbs auf verhältnissmässig kleineren Flächenräumen wiederholt zum Vorschein kommen, betrachten, und die übrigens gewöhnlich nur sehr spärlich gesammelt werden.

Zu den Anstalten, die am gewissenhaftesten Alles, was je unter den atmosphärischen und tellurischen Phänomenen der Wissenschaft oder auch der Praxis zu einigem erheblichen Nutzen dienen könnte, verzeichnen, und der Oeffentlichkeit übergeben, gehört der rühmlichst bekannte meteorologische Verein

Würtemberg's. Aus den über Gewitter und Blitzschläge aus den Jahren 1817 bis 1854 gemachten Zusammenstellungen [79] geht schon hervor:

Blitzschläge gegen Gebäude von 1817 bis 1854 etwa *100*
Personen vom Blitze getödtet „ „ „ „ „ *32*, und zwar 22 auf freiem Felde,
„ „ Blitze nur beschädiget „ „ „ *51*.

Ferner wurden bei einem einzigen Blitzschlage (19. Mai 1823 bei Münsingen) auf freiem Felde ein Schäfer mit 216 Schafen getödtet, in einem anderen Falle 45 Schafe; dann wurden ausserdem 16 Stücke Rindvieh, 7 Pferde etc. während jener Zeit vom Blitze erschlagen.

Dass aber jene Zahl von Blitzschlägen nicht die ganze Summe der während der genannten Periode in Würtemberg vorgekommenen war, ist wohl von selbst einleuchtend, da wohl die meisten Fälle dieser Art gar nicht zur weiteren Kenntniss gelangen. Es erhellt diess übrigens auch selbst aus der von Plieninger gemachten Zusammenstellung. Derselbe erwähnt, dass in Würtemberg

im Jahre 1851 *16* Brandfälle
„ „ 1852 *25* „
„ „ 1853 *18* „

durch den Blitz entstanden sind, und diese Zahlen übersteigen die aufgezählten Blitzschläge der betreffenden Jahre um so viel, dass wohl die genannte Annahme gerechtfertiget sein dürfte.

Arago untersucht (im 33. Kapitel, sowie in §. 1 des 38. Kapitels seiner Abhandlung) die Gefahren des Blitzes, und führt für Frankreich eine auf die Jahre 1841 bis 1849 sich erstreckende Statistik der jährlich vom Blitze getroffenen Personen auf, wobei aber die Durchschnittszahl ziemlich gering ausfällt. Arago bemerkt auch hiebei, dass er diese Zahl für viel zu gering hält, und dass selbst die aus der statistischen Zusammenstellung, welche im Jahre 1852 veröffentlicht worden ist, hervorgehende Zahl von 69 Personen, die jährlich vom Blitze erschlagen wurden, noch weit hinter dem wahren Ergebnisse zurückbleibe.

Die in neuerer Zeit von Boudin angestellte Untersuchung, die übrigens nur im Auszuge mir bekannt geworden ist [80], hat in dieser Beziehung sehr interessante Resultate zu Tage gebracht. In Frankreich betrug die Menge der durch den Blitz Getödteten vom Jahre 1835 bis zum Jahre 1852 nicht weniger als *1308*, hievon treffen auf das Jahr 1835 allein *111*, und *108* auf 1847. Die Zahl der jährlich vom Blitze Erschlagenen schätzt man jedoch auf eine weit grössere; man nimmt hiefür im Mittel nicht weniger als *200* an. Für Belgien gibt Boudin das Jahresmittel zu *5*, für England zu *22*, für Schweden die Zahl der schnell Getödteten (*personnes tuées raide par la foudre*) zu 9,64 aus den officiellen Documenten an. Aus seinen Documenten folgert Boudin noch weiter:

1) Dass kein Departement in Frankreich von den Blitzschlägen verschont bleibe; 2) dass die Anzahl der Ereignisse sehr ungleichmässig auf die einzelnen

Landestheile vertheilt ist; 3) dass in den Gebirgsgegenden die grösste Zahl der durch den Blitz Getödteten sich herausstellte. Während der genannten Periode kamen im Departement l'Eure nur *2* Todesfälle, im Dep. l'Eure-et-Loir et le Calvados nur *3*, hingegen *20* in le Candal, *24* in l'Aveyron, *27* in Corse, *38* in Saône-et-Loire, *44* in la Haute-Loire, *48* in le-Puy-de-Dôme vor. Hiebei spielt also die Höhe der Gegenden eine bedeutende Rolle.

Bezüglich der Vertheilung der Zahl der tödtlichen Blitzschläge auf die einzelnen Jahreszeiten findet Boudin aus den 103 Fällen, die jährlich vorkamen (wobei er aber nicht angibt, ob diese Zahl einem bestimmten Jahre angehört, oder ob sie als Durchschnittszahl einer gewissen Reihe von Jahren gelten soll), das Folgende:

Januar	*0*	April	*6*	Juli	*13*	October	*15*
Februar	*0*	Mai	*8*	August	*19*	November	*0*
März	*4*	Juni	*22*	September	*14*	December	*0*

Aus diesen Zahlen aber bestimmte Schlüsse ziehen zu wollen, kann nicht zugegeben werden, denn sie zeigen eben nichts Anderes, als dass die Zahl der Tödtungen in den Monaten am häufigsten ist, auf welche — im Allgemeinen — die grösste Zahl der Gewitter kommen. Von 107 in den Jahren 1843 bis 1854 vorgekommenen Tödtungen sind *21* als unter Bäumen bezeichnet. Boudin erklärt, dass aber bei weitem die geringste Zahl von Fällen zur Kenntniss gekommen seien, und dass unter den *1308* Personen, welche von 1835 bis 1852 in Frankreich umgekommen sind, mindestens *500* ihren Tod unter Bäumen gefunden haben.

Was die Vertheilung auf das Geschlecht betrifft, so findet er, dass in Frankreich *67* Procent auf Männer, *23* Procent theils auf Männer, theils auf Frauen und Kinder kommen und *10* Procent auf Frauen allein. In Schweden sollen auf *5* Männer *3* Frauen, in England auf *32* Männer *11* Frauen kommen. — Das Maximum der durch einen einzigen Blitzschlag Getödteten betrug *8* bis *9*. Thiere scheinen häufiger der Tödtung unterworfen zu sein, indem nach d'Abbadie in Aethiopien durch einen einzigen Schlag 2000 Schaafe getödtet worden seien.

Die Zahl der durch den Blitz erzeugten Zündungen — und Brandfälle — scheint Boudin nicht genau erhoben zu haben, denn er gibt bloss den einzelnen Fall an, wo in vier französischen Departements während einer Woche *8* wirkliche Brandereignisse vorkamen; in Würtemberg hat man in den Jahren *1841* bis *1850* nicht weniger als *117*, also von 1840 bis 1853 im Ganzen *176* Fälle dieser Art gezählt, wonach also durchschnittlich etwa *13* Brandereignisse auf das Jahr (für Würtemberg) angenommen werden müssten. Bezüglich der auf dem Meere statthabenden Gefahr ist schon oben Erwähnung gemacht worden (m. s. S. 83).

Dass die Gefahren durch den Blitz auch an anderen Orten, von welchen keine statistischen Erhebungen bekannt geworden sind, nicht geringer sein dürften, kann keinem Zweifel unterworfen werden. Uebrigens hängen dieselben unter Anderem mit der Intensität der Gewitter sowohl, sowie auch mit der Terrainbeschaffenheit und den lokalen Bodenverhältnissen zusammen. In Volney

(Vereinigte Staaten) sind vom Juni bis zum 28. August 1797 durch die Zeitungen *84* schwere Unglücks- und *17* Todesfälle durch Blitzschläge bekannt gegeben worden.

Was die örtlichen Einwirkungen auf die Zahl und Intensität der Blitzesentladungen betrifft, so lassen sich genügende Erklärungen hiefür durch die bis jetzt angestellten Untersuchungen nicht geben. Dass aber diese Einwirkungen existiren, geht schon aus den über die Häufigkeit der Gewitter und Blitzschläge an verschiedenen Orten aufgeführten Thatsachen hervor. Bezüglich der Häufigkeit des Auftretens von Blitzschlägen in gewissen Landestheilen sind die folgenden Ereignisse jedenfalls beachtenswerth. „In der Republik New-Granada wohnt wegen des häufigen Einschlagens des Blitzes Niemand gern in El-Sition-de Tumba-Barreto, in der Nähe der Goldmine-la-Vega-de Supia. In der Erinnerung des Volkes lebt das Andenken an viele Bergleute, die vom Blitze dort erschlagen wurden." — „In demselben Rufe steht La-Loma-de Pitago in der Umgegend von Popayan. Ein junger schwedischer Botaniker Plancheman bestand darauf, ungeachtet er von den Einwohnern gewarnt wurde, die Loma zu durchreisen, zu einer Zeit, als der Himmel mit Gewitterwolken bedeckt war; er wurde daselbst (vom Blitze) erschlagen [81]".

Fragen wir nun, nachdem wir so viel Thatsachen über Blitzesentladungen gegen irdische Objecte kennen gelernt haben, ob es Mittel gibt, um ohne Benutzung von Blitzableitern den Gefahren des Blitzes entgehen zu können, so möchten wir dennoch eine bestimmte und ausreichende Antwort zu geben nicht im Stande sein. Dass die Gefahren gross genug sind, um eine Beachtung zu verdienen, darüber sind wir nicht in Zweifel; aber sie sind dennoch nicht von der Art, um den Aufenthalt ausserhalb der mit Blitzableitern versehenen Gebäude so unheimlich zu machen, als die vielen durch die Erfahrung bekannt gewordenen Unglücksfälle es erscheinen lassen. In grossen Städten soll nach Arago die Gefahr, vom Blitze erschlagen zu werden, geringer sein, „als auf den Strassen durch den Fall eines Dachdeckers, eines Schornsteins, oder eines Blumentopfes sein Leben zu verlieren." Da aber Niemand an eine derartige Gefahr, wenn er sein Haus verlässt, denke, so sei es eben auch überflüssig, einen besonderen Grund zu haben, während eines länger andauernden Gewitters sich beunruhigen zu lassen. — Es darf jedoch nicht in Zweifel gestellt werden, dass diese Gefahren auf dem platten Lande grösser sind, wie in Städten, in welchen eine grosse Masse von Gebäuden mit Blitzableitern sich befinden. Diesem eigenthümlichen Beruhigungsmittel möchte übrigens das hinzugefügt werden dürfen, dass alle Beispiele, welche Blitzschläge gegen Personen aufzählen, und wobei die Personen zwar mehr oder weniger beschädiget wurden, aber doch wenigstens mit dem Leben davongekommen sind, zeigen, dass die getroffenen und wieder zu ihrem vollständigen Bewusstsein gelangten Individuen in keinem einzigen der näher bekannt gewordenen Fälle den Blitz vorher sahen, oder den Donner hörten. „Wenigstens möchte also hieraus die Folgerung gezogen werden dürfen, dass die Gefahr, vom Blitze getroffen zu werden, nicht bloss dann vorüber ist, wenn der Donner zu rollen beginnt, sondern schon in dem Augenblicke, in welchem man, den vorausgegangenen Blitz gesehen zu haben, sich bewusst fühlt."

Die verschiedenen Schutzmittel, welche in alten Zeiten zur Sicherung gegen den Blitz angewendet wurden, hier aufzuführen, kann ich unterlassen, weil sie nach unserer gegenwärtigen Kenntniss von den Wirkungen des Blitzes nur einen sehr untergeordneten Werth haben. Wenn man in alten Zeiten, wie von Plinius erzählt wird, die Meinung hatte, der Blitz dringe nur etwa 5 bis 6 Fuss tief in die Erde, und es deshalb gerathen sei, sich während eines Gewitters zum Schutze gegen Blitzschläge in unterirdische Räume, wie Höhlen, Keller etc., zurückzuziehen, so wird diese Meinung einerseits durch die Erfahrungen an Blitzröhren (siehe S. 23) widerlegt, da man schon Gebilde dieser Art von mehr als 30 Fuss Länge aufgefunden hat, andererseits durch die von Reich und Anderen aufgezählten Thatsachen, wodurch die Wirkung von Blitzesentladungen in den Gruben von Bergwerken nachgewiesen ist. Wenn man ferner glaubte, eine über einer Grotte angebrachte Wassermasse schütze gegen den Blitz, und es werde gleichsam das sogenannte himmlische Feuer durch das Wasser ausgelöscht, so lassen die Erfahrungen, vermöge welchen zu verschiedenen Malen nach eingetretenen Blitzschlägen gegen Seen und Teiche die Fische getödtet wurden, einige Zweifel gegen die Wirksamkeit dieses Schutzmittels erheben. Man glaubte ferner allgemein, dass Personen, die zu Bette liegen, vom Blitze nichts zu fürchten haben. Auch dieser Meinung lassen sich Thatsachen entgegenhalten, die dieselben theilweise entkräftigen, indem bei einem am 29. September 1772 zu Harrowgate stattgehabten Gewitter ein Blitzschlag den in seinem Bette eingeschlafenen Thomas Hearthley tödtete, die Frau Hearthley aber, die neben ihrem Manne schlief, nicht einmal aufgeweckt hatte, und dieselbe überhaupt nur mit einer temporären Lähmung davonkommen liess. Ein am 3. Juli 1828 stattgehabtes Gewitter bewirkte einen Blitzschlag gegen eine Hütte zu Birdham unweit Chichester. Die hölzerne Bettstelle wurde in Splitter verwandelt, Betttücher, Matratzen und die Person, die in diesem Bette lag, warf der Blitz auf die Erde, ohne letzterer ein Leid zuzufügen.

In wie ferne besondere Bekleidungen einen persönlichen Schutz gegen den Blitz darbieten können, will ich nicht untersuchen; welche unter den gewöhnlichen und längst bekannten Verhaltungsregeln bei Gewittern ihre Richtigkeit haben, geht aus der genauen Betrachtung der Umstände, unter welchen Blitzesentladungen gegen irdische Objecte erfolgen, zur Genüge hervor [82]. Es mag aber nur nebenbei bemerkt werden, dass unter den oben (in der Tabelle zu S. 267) aufgezählten Blitzschlägen, alle jene, bei welchen das getroffene Object ein Schornstein eines Gebäudes war, der Kamin zur Zeit des Gewitters fast jedesmal in geheiztem Zustande sich befand, und dass in den meisten dieser Fälle die Blitzesentladung den entweichenden Verbrennungsprodukten bis in das Innere des Wohngebäudes folgte; dass ferner bei weitem die grösste Zahl von Blitzschlägen an Personen im Freien eintrat, wenn die getroffenen Individuen unter oder in der Nähe von Bäumen oder sonstigen hervorragenden Objecten sich befanden, und dass endlich diejenigen Personen den Wirkungen am meisten ausgesetzt waren, welche metallische Theile an ihrem Anzuge hatten.

Es scheint, dass man im Alterthume von den Wirkungen des Blitzes und einigen Schutzmitteln gegen seine Verheerungen wirklich Kenntniss hatte, und

dass man selbst die Mittel zu ahnen schien, um die Wirkungen von sogenannten Hochgewittern unschädlich zu machen. Wenigstens scheint diess aus der gediegenen Untersuchung, welche OSTERTAG hierüber anstellte und auf welche wir hiemit verweisen, hervorzugehen [83]. Auch LANDRIANI bemerkt, dass den Indiern die Mittel, die Gewitterwolken zu entladen, bekannt gewesen seien. Von einem englischen Officier, der lange Zeit in Ostindien war, wurde ihm erzählt, „dass ein indianischer Taschenspieler, nachdem er mehrere überraschende Künste gemacht hatte, mit den Worten seine Vorstellungen beschloss: er wolle, um zu zeigen, dass er eine übernatürliche Kraft besitze, sobald die Zuschauer diess verlangen würden, den Blitz auf einen Baum fahren lassen, der gerade dem Orte gegenüber stand, wo er seine Künste zeigte, und dass in dem Augenblicke, als sein Antrag angenommen wurde, der Blitz in diesen Baum schlug.“ Auf welche Weise jener Taschenspieler seinen Versuch ausführte, ist jedoch nicht beschrieben [84].

VOLTA lässt aus seinen Erörterungen [85] über die elektrische Wirkung der Flamme hervorleuchten, dass die Opferfeuer der Alten den Zweck hatten, die Donnerentladungen zu beseitigen, „um so gleichsam nach der Sprache der Religion Ruhe und Friede zwischen dem Himmel und der Erde zu erhalten, d. h. nach der Sprache der Physik, die Vertheilung und das Gleichgewicht der Elektricität, die so fürchterlich ist, wenn ihr Gleichgewicht aufgehoben wird, zu befördern.“ Dieser Idee legt er denselben Werth bei, wie der, welche schon früher von DUTENS [86], später von MICHAELIS (S. 185) aufgestellt wurde, vermöge welcher nämlich die Spitzen des Salomonischen Tempels als zufällige Blitzableiter dienten.

Die aus älteren Zeiten bis fast zur neueren Zeit zur Abhaltung starker Gewitter in einer Gegend angewendeten problematischen Schutzmittel bestanden

1. in der Anzündung grosser Feuer unter freiem Himmel,
2. in dem Errichten hoher Mastbäume (gegen den Hagel),
3. in dem Glockenläuten während der Gewitter,
4. in dem Abfeuern von Kanonen, als Mittel, das Gewitter zu vertheilen.

Es kann nicht meine Absicht sein, den relativen Werth dieser Vertreibungsmittel der Gewitter zu untersuchen; ich begnüge mich vielmehr mit einigen kurzen Bemerkungen über diesen Gegenstand.

Was die Wirkung von grossen auf freiem Felde angezündeten Feuern und den hierdurch erzeugten Rauchsäulen betrifft, so lassen sich bestimmte Anhaltspunkte hiefür nicht geben. VOLTA hat bekanntlich dieses Mittel gegen Hagel anzuwenden für zweckmässig erachtet. Nach MATTEUCCI gibt es bei Cesena in der Romagna ein Kirchspiel von mehr als $1\frac{1}{2}$ Meilen Umfang, in dessen ganzer Ausdehnung die Bauern von 50 zu 50 Fuss nach dem Rathe ihres Pfarrers Haufen von Stroh und Reisig aufrichten und anzünden, sobald ein Gewitter heraufzieht. Während der drei Jahre, auf welche die Erfahrungen sich erstreckten, soll diese Gemeinde von Gewittern verschont geblieben sein, während zu derselben Zeit die benachbarten Gemeinden, und jene in früherer Zeit alljährlich heimgesucht worden sein sollen [87]. MATTEUCCI macht auch ferner darauf aufmerksam, dass die Orte in den Appenninen, wo Kohlenmeiler brennen, von

Gewitter und Hagelschlag verschont bleiben. So sei in Perticaja bei Rimino in fünf Jahren nur einmal eine Gewitterentladung vorgekommen [88]. Die Umstände, unter welchen diese Feuer ihre Wirksamkeit ausgeübt haben sollen, sind viel zu mangelhaft erörtert, als dass sich Bestimmtes aus diesen Meinungen schliessen lässt. Es sind oben (S. 238) mehrere Punkte in England aufgezählt worden, an welchen die Gewitter sehr seltene Erscheinungen sein sollen, aber es lässt sich nicht entscheiden, ob diess der Einwirkung der Hochöfen oder der Terrainbeschaffenheit zugeschrieben werden muss. Die von Matteucci angegebenen Fälle lassen aber um so weniger ein Urtheil zu, als die Gewitterentladungen zu Rimino nicht ausgeblieben sind, sondern nur überhaupt selten vorkamen. Was aber die von Matteucci über Cesena angegebenen Thatsachen betrifft, so möchte der Umstand beachtenswerth sein, dass die Nachbargemeinden von Gewittern heimgesucht worden sind. Ich möchte bei dieser Gelegenheit auf die Thatsache aufmerksam machen, vermöge welcher schon in älteren Zeiten auf hohen Bergen grosse Feuer angezündet worden sein sollen, welche in trockenen Jahren Landregen zu erzeugen den Zweck hatten, eine Thatsache, die in neuerer Zeit durch Espy eine nähere Untersuchung gefunden hat [89]. Würde nun die Erzeugung kräftiger aufsteigender Luftströme durch solche Feuer ihre Bestätigung erhalten, so müsste man doch, nach meinem Dafürhalten, anzunehmen berechtiget sein, dass dieselben Mittel, welche an einem Orte die Gewitter zu vertreiben bestimmt sind, dazu beitragen könnten, die Intensität der Gewitter an benachbarten Orten zu verstärken! —

Welche Wirkungen das Glockenläuten haben sollte, und aus welchen Gründen dasselbe lange Zeit in Gebrauch war, wenn Gewitter zum Vorschein kamen, wollen wir unentschieden lassen; aber so viel ist gewiss, dass der grossen Gefahren halber, die mit dem Läuten der Glocken während der Gewitter verbunden sein möchten, von allen einsichtsvollen Geistlichen des vorigen Jahrhunderts gegen diesen Gebrauch mit Energie gewirkt wurde. Die unter No. 26 (Tab. zu §. 53) angegebenen Blitzschläge ereigneten sich in einem solchen Falle an Kirchen, wo man während des Gewitters läutete, während benachbarte Kirchen, wo nicht geläutet wurde, von den Blitzesereignissen verschont blieben.

Was endlich die Wirkung des Abfeuerns von Kanonen betrifft, so herrscht über diese noch ein zweifelhaftes Dunkel, dessen Enträthselung wohl etwas schwierig sein mag. Eine ausgedehnte Untersuchung hierüber besitzen wir von dem Regensburger Physiker Placidus Heinrich [90]. Derselbe hat sich bei Beantwortung der über diesen Gegenstand von der churfürstlich bayerischen Akademie zum zweiten Male gestellten Preisfrage die Aufgaben gestellt, zu untersuchen: „ob das Abfeuern des Geschützes auf Gewitterwolken eine Wirkung habe oder nicht, ferner, ob diese Wirkung für Gegenden, wo man die Kanonen abfeuert, vortheilhaft oder schädlich sei, und ob sie nicht für benachbarte Gegenden, oder gewisse Lagen schädlich sei". Bezüglich der ersten dieser Fragen entscheidet er — jedoch nur unter mangelhafter Benutzung der Erfahrung — auf theoretischem Wege, dass eine solche Wirkung statthaben könne, und dass diese darin bestehe, die Luft zu erschüttern, die Wolken zu theilen und fortzustossen und den Wind zu hemmen; die zweite lässt er unter gewissen Bedingungen als be-

jahend gelten, bemerkt aber auch, dass wenn das Gewitter im Zenith sich befinden würde, die durch den Pulverdampf allenfalls eintretende Entladung auch Gefahr herbeiführen könnte, während bezüglich der dritten Frage nicht in Abrede gestellt wird, dass allerdings ein Nachtheil für benachbarte Gegenden eintreten könne, wenn für jene das Schiessen als günstig erscheint. Die Betrachtungen Heinrich's, durch welche er aus den in Tyrol, in Bayern und an anderen Orten in Folge des Schiessens beobachteten Aenderungen der Gewitterwolken die Wirkungen dieses Mittels nachzuweisen sucht, sind nicht überzeugend genug, um denselben einen wirklich entscheidenden Werth beilegen zu können.

Imhof untersuchte diesen Gegenstand später wieder, und stellte zu dem Ende wirkliche Versuche mit mehreren groben Geschützen an, die er gegen Rauchwolken abfeuern liess, konnte aber eine Einwirkung des Schiessens bei vier unter verschiedenen Umständen angestellten Versuchen nicht wahrnehmen [91].

Endlich lassen es selbst die Untersuchungsresultate Arago's unentschieden, wann und unter welchen Umständen eine Einwirkung des Schiessens auf Gewitterwolken sich wirklich herausstellt oder nicht.

Wenn übrigens die sämmtlichen über die hier angeregte Frage bis jetzt angestellten Untersuchungen zu noch keinem entscheidenden Resultate geführt haben, so geht doch nicht daraus hervor, dass wirkliche Einwirkungen der genannten Art nicht vorhanden sind. Als Mittel zur Schwächung der Intensität der Gewitter oder zur Entladung der Gewitterwolken möchten dieselben übrigens eine besondere Beachtung nicht verdienen. Wenn wirklich Versuche für solchen Zweck zu erheblichen Resultaten führen, so möchten diess wohl keine anderen sein, als die, welche man mit beweglichen Blitzableitern zu Franklin's Zeiten schon angestellt hat. Da aber die Untersuchungen mittelst der sogenannten elektrischen Drachen nicht zu jeder Zeit mit Nutzen durchgeführt werden können, so möchte allerdings der von Lichtenberg schon im Jahre 1784 gemachte Vorschlag [92], bei einem heranziehenden Donnerwetter mit Spitzen versehene und an einem schicklichen Leitseil befestigte Luftbälle gegen die Gewitterwolken emporsteigen zu lassen, „um (wie L. sich ausdrückt) das stärkste Donnerwetter zum Schweigen zu bringen“, einer zweckmässig angeordneten Untersuchung werth sein.

Zu welchen Resultaten die an den Telegraphen beobachteten Erscheinungen einstens noch führen werden, möchte im gegenwärtigen Augenblicke unter Anwendung der verhältnissmässig in geringer Anzahl durchgeführten Forschungen dieser Art noch nicht besprochen werden können.

§. 55. Literatur über Blitzableiter und einige damit in Zusammenhang stehende Gegenstände.

Indem im Allgemeinen auf die in den Anmerkungen zu den einzelnen Kapiteln enthaltenen Anzeigen der Literatur, die bei der Bearbeitung des vorstehenden Abschnittes benutzt wurde, hingewiesen werden muss, so findet man im Folgenden einen grossen Theil derjenigen Schriften und Werke zusammengestellt, welche über die Aehnlichkeit der Blitzeserscheinungen mit der Elektricität, sowie über die Natur der atmosphärischen Elektricität Andeutungen enthalten, und diesen folgen dann

diejenigen Arbeiten, welche zur Entwickelung der Lehre von den Blitzableitern beigetragen haben. Ausserdem wurden dann noch einzelne Schriften zusammengestellt, welche die Anordnung der Blitzableiter zum Gegenstande ihrer eigenen Betrachtung machen. Diese sämmtlichen Schriften wurden in chronologischer Ordnung aufgeführt; jedoch soll damit nicht ausgedrückt sein, dass dieses Literatur-Verzeichniss ein vollständiges sei, es ist vielmehr meine Absicht, dasselbe nach und nach, wenn Gelegenheit hiezu sich darbietet, in möglicher Weise zu ergänzen.

1663. HIER. CARDANI. De Fulgure liber unus, Opera omnia, Lugd. 1663. Tom. II. p. 720.

1708. WALL. *Experiments of the luminous qualities of Amber, Diamonds and Gum Lac. In a letter to* SLOANE. *Philos. Trans.* XXVI. 69. (Aehnlichkeit zwischen Elektricität und Blitz vermuthet.)

1734. J. HENR. A SEELEN. De Tonitru existentiae Dei teste. Miscellanea. P. I. Lub. 1734. p. 81.

1743. NOLLET. (S. oben S. 69.)

1744. J. H. WINKLER. Gedanken von den Eigenschaften, Würkungen und Uhrsachen der Elektricität. Leipzig. 8.

1745. J. H. WINKLER. Die Eigenschaften der elektrischen Materie und des elektrischen Feuers aus verschiedenen neuen Versuchen erklärt. Leipzig. 8.

1746. J. H. WINKLER. Abhandlung von dem elektrischen Ursprung des Wetterleuchtens.

„ J. H. WINKLER. Von der Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Röhren. Leipzig. 8.

1747. MAFFEI. *Della formazione dei fulmini.* Verona. 4.

1750. BARBERET. *Dissertation sur le rapport qui existe entre les phénomènes de tonnerre et ceux de l'électricité.* Bordeaux. 4.

1751. B. FRANKLIN. *Experiments and observations on electricity, made at Philadelphia in America.* London.*

„ BARBERET. *Discours, qui a remporté le prix de physique, au jugement de l'acad. de Bordeaux, en 1750: S'il y a quelques rapports entre les phénomènes du tonnerre et ceux de l'électricité.* Bordeaux. 4. 2 Vol.

„ A. G. KÄSTNER. Nachricht von einer besonderen leuchtenden Erscheinung, so auf einem Thurme zu Nordhausen gesehen worden. Hamburger Magazin. VII. 420.

1752. H. EELES. *Concerning the cause of thunder. Philos. Transact.* p. 524.

„ A. G. KÄSTNER. Nachricht von einem besonderen Lichte. Hamb. Magaz. IX. 359.

„ J. G. KRULL. Versuche zur Bestätigung der Meinung, dass die elektrische Materie mit der Materie des Donners und Blitzes eine grosse Aehnlichkeit habe. Hannover. gelehrte Anzeigen vom J. 1752.

„ W. MAZEAS (Abbé). *Concerning the success of the late experiments in France. Phil. Trans. for the years 1751—1752.* p. 534.

„ LE MONNIER. *Observations sur l'électricité de l'air. Mém. de math. et de phys. de l'Acad. R. d. sc. de Paris, A. 1752.* Paris 1756. p. 233. *Biblioth. d. sc. et d. beaux arts.* VI. 38.

„ CH. MYLIUS. *Extract of a letter from Mr.* MYLIUS *of Berlin, to Mr.* W. WATSON: *relating to the extracting electricity from the clouds. Phil. Trans.* XLVI. 559.

„ CH. MYLIUS. Nachrichten und Gedanken von der Elektricität des Donners. Physik. Belustigungen. Berlin 1752. 8. p. 457.

„ NOLLET (Abbé). *Extracts of two letters of the Abbé* NOLLET *to Mr.* W. WATSON: *relating to the extracting electricity from the clouds. Phil. Trans.* XLVII. 553.

„ W. WATSON. *Concerning the electrical experiments in England upon Thunder-Clouds. Phil. Trans.* XLVII. 567.

1753. P. A. BINA. Elektr. Versuche, Gewitter und Regen betreffend. Hamburger Magaz. XII. 57.

„ J. BUNSEN. Versuch, wie die Meteora des Donners und Blitzes, des Aufsteigens der Dünste, incl. des Nordscheins, aus elektr. Versuchen herzuleiten und zu erklären. Lemgo 1753. 8.

„ G. BECCARIA. *Dell' elettricismo artifiziale e naturale.* Torino 1753. 4.

* Ueber die Werke FRANKLIN's s. m. S. 40. — Hier werden nur diejenigen eingeschaltet, welche zu dem vorliegenden Gegenstande ausschliesslich gehören.

1753. J. LINING. *Sur l'expérience du cerf volant électrique de Mr.* FRANKLIN. *Journ. britann.* XII. 64.

„ M. LOMONOSOW. Oratio de meteoris vi electrica ortis, habita 1753. Petrop. 1764. 4.

„ W. MAZEAS. *Observations upon the electricity of the air, made at the chateau de Maintenon, during the months of june, july and oct. 1753. Phil. Trans.* XLVII. 377.

„ CH. RABIQUEAU. *Le spectacle de la nature du feu élémentaire, ou cours d'électricité expérimentale, où l'on trouve l'explication, la cause et le mechanisme du feu dans son origine, de là dans les corps, son action sur la bougie, sur le bois, etc. etc.* Paris 1753. 8. 1. Abth.

„ DE ROMAS. Neuer elektr. Versuch mit dem fliegenden Drachen am 14. Nov. 1753. *Journ. d. Sav.* Dec. 1753.

„ J. G. TESKEN'S Abhandlung von dem Nutzen der Elektricität in Abwendung des Ungewitters. Wöchentl. Königsb. Frag. und Anz. Nachr., No. 20 des J. 1753.

Lettre au R. P. J. sur une expérience électrique. Journ. d. sc. 1753. p. 241.

„ J. H. WINKLERI de avertendi fulminis artificio secundum electricitatis doctrinam commentatio. Lips. 1753. 4. (W. macht hier unter Anderem den Vorschlag, jedes Gebäude, das man gegen Blitzesentladungen schützen will, mit einer Art Bedachung zu versehen, welche ein guter Leiter der Elektricität ist, und durch Isolatoren mit dem Dache fest verbunden werde. Von dieser metallenen Bedachung aus soll nun eine eiserne Kette in den Boden gehen etc.)

1754. J. P. EBERHARD'S Gedanken von den Ursachen der Gewitter und ihrer Aehnlichkeit mit der Elektricität. Wöch. Hall. Anzeig. vom J. 1754, No. 31—33.

„ E. M. FAIT. *Observations concerning the thunder and electricity. Essays and observations physical and chemical litterary, read before a society in Edinburgh.* Edinburgh 1794. p. 189.

„ J. LINING. *Extract of a letter from* J. LINING *of Charles Town, in South Carolina, to Charl.* PINKNEY *in London: with his answers to several queries scrit to him, concerning his experiment of electricity with a kite. Phil. Trans.* XLVIII. 757.

„ B. FRANKLIN. *New experiments and observations.* London 1754.

1755. BARBERET. Abhandlung über die Aehnlichkeit zwischen den Erscheinungen des Donners und der Elektricität, welche bei der k. Akademie zu Bordeaux den Preis erhalten hat. Aus d. Franz. in dem allg. Magaz. der Nat., Kunst und Wissenschaft. Leipzig 1755. VI. 288.

„ T. MARINI. De electricitati coelesti, sive ut alii vocant, naturali, dissertatio. Commentar de Bononiensi scientiar. et artium instituto atque academia. Bonon. 1755. p. 205.

„ DE ROMAS. *Mémoire, où après avoir donné un moyen aisé pour élever fort haut et à peu de frais, un corps électrisable isolé, on rapporte des observations frappantes, qui prouvent, que plus le corps isolé est élevé au dessus de la terre, plus le feu de l'électricité est abondant. Mém. de math. et de phys. pres. à l'Acad. à Paris.* 1755. p. 393.

„ LE ROI. *Mémoire sur l'électricité resineuse, où l'on montre, qu'elle est réelement distincte de l'électricité vitrée, comme feu Mr.* DU FAY *l'avoit avancé, et qu'elle nous fournit de nouvelles lumières sur les causes de l'électricité naturelle et du tonnerre. Mém. de Paris pour 1755.* Paris 1761. p. 264.

„ J. VERATTI. Dissert. de electricitati coelesti. Comm. de Bononiensi scientiar. et artium instituto atque acad. Bonon. 1755. p. 200.

„ J. VERATTI. Nachricht von einem elektrischen Versuche mit dem Gewitter. Hamburger Magazin XV. 602.

1756. E. M. FAIT. Beobachtungen vom Donner und der Elektricität. Aus d. Engl. in Edinb. neuen Versuche und Bemerk. aus der Arzneykunst und übrigen Gelehrs. Altenburg 1756. I. 217.

„ DE ROMAS. *Electrical experiments made with a paper kite raised to a very considerable height in the air. Gentleman's Magazine for Aug. 1756.* p. 378.

1757. M. BUTSCHANY dissert. de fulgure et tonitru ex phaenomenis electris. Gotting. 1757. 4.

„ TH. MARINI. Abhandlung von der himmlischen, oder wie andere sie nennen, natürlichen Elektricität. Allgem. Magaz. der Nat., Kunst und Wissenschaft. Leipzig 1757. IX. 268. (Aus seinen Versuchen findet der Verf., dass die Elektricität sich nicht eher zeigt, bis der Regen einige Minuten lang gefallen ist, dass so oft Elektricität in der Luft hervorgebracht werde, der Südwestwind geweht, und dass endlich der elektrische Zustand zu der Zeit am stärksten gewesen, wenn eine sehr

trockene Witterung vorhergegangen war. Ferner nimmt Marini an, dass die Elektricität sowohl aus der Erde, als aus den Dünsten, die in die höheren Schichten der Atmosphäre von der Erde aus hinaufsteigen, komme. Zur Erklärung der Erscheinungen der Elektricität, welche täglich vorkommen, müsse man von dem Grundsatze ausgehen, die Elektricität komme bald aus der Oberfläche der Erde, bald aus derjenigen Gegend der Atmosphäre, bis zu welcher die „irdischen Dünste erhoben werden" etc.)

1757. de Romas. *Letter from Mr.* de Romas *to the Abbé* Nollet, *containing experiments made with an electrical kite. Gentlem. Magaz. f. March 1764.* p. 109.

„ J. Veratti. Abhandlung von der himmlischen Elektricität. Aus d. Lat. im Allg. Magaz. der Nat., Kunst u. Wissensch. Leipzig 1757. IX. 261.

„ Wilke. Dissertatio de electricitatibus contrariis. Rostock 1757. 4. (Versuche im Kleinen über die Gewittererscheinungen.)

„ J. B. Beccaria. Brief von der Elektricität, an den Hrn. Abt Nollet gerichtet. Aus d. Franz. im Hamb. Mag. XVIII. 378.

1758. de Romas. Elektrischer Versuch mit einem sehr hoch in die Luft gestiegenen papiernen Drachen. Aus dem Franz. im Brem. Magaz. III. Hannover 1758. p. 114.

„ B. Franklin's Briefe von der Elektricität. Aus d. Engl. von C. Wilke. Leipzig 1758.

„ G. Beccaria. *Lettere dell' elettricismo.* Bologna. 4.

1759. J. A. Unzer's Abhandlung vom Verhalten bei Gewittern, und von den Mitteln, die Gewitter, ehe sie noch reif werden, zu vernichten, oder wenigstens von einer Person und einem Hause abzuleiten. Medicin. Wochenschrift (der Arzt). Hamburg 1759. I. 257.

„ J. C. Wilke. Von den Versuchen mit den eisernen Stangen, den Donnerschlag abzuwenden, und dem dabei beobachteten Merkwürdigsten. Abh. d. k. schwed. Akad. d. Wiss., deutsche Uebers. aus d. J. 1759. XXI. 81.

„ Hartmann. Von der Verwandtschaft und Aehnlichkeit der elektrischen Kraft mit den erschrecklichen Lufterscheinungen. Hannover. 8.

1760. Barberet. Abhandlung von der Aehnlichkeit, die sich zwischen den Erscheinungen bei dem Donner und der Elektricität findet etc. etc. (Preisschrift). Aus d. Franz. im 1. St. des gemeinnütz. Natur- und Kunst-Magaz. Berl. 1760. p. 1. (Nach den Ansichten von B. sollen der Donner und die künstl. Elektricität von gleicher Natur sein. Bei beiden nimmt er einen zufliessenden und ausfliessenden Strom an. Bei dem Donner sollen die aufsteigenden salpeter. und schwefel. Dünste die zufliessende Materie sein, „und die Feuertheilchen, welche jene eben in die Höhe ziehen, eine Wolke mit ihnen ausmachen, und durch ihren Druck, der vom Winde herkommt, zwar zusammengepresst, vermöge ihrer Schnellkraft aber auch stark zurückwirken, sich ausdehnen, und entzünden, wodurch dann die ausfliessende Materie entstehe".)

J. Lining. Elektrische Versuche mit einem papiernen Drachen. Aus d. Engl. im Hamburger Magaz. XXIV. 588.

1761. M. Butschany. Der Blitz entsteht nicht durch die Entzündung einiger brennbaren Theilchen, die in der Luft schweben, und es ist auch kein Feuer. Aus d. Lat. im 48. und 49. St. der Hannover. Beitr. z. Nutzen und Vergn. v. J. 1761.

1762. W. Watson. *Some suggestions concerning the preventing the mischiefs which happen to ships and their masts by lightning. Philos. Trans.* LII. p. 629.

„ Pet. von Musschenbroek. Introductio ad philosophiam naturalem. Lugd. Bat. 4. T. II. (In versch. Paragraphen.)

1763. J. F. Hartmann. Gedanken über den Ursprung der Luftelektricität bei Gewittern. Im 55. und 56. St. des I. Jahrg. des Hannover. Magaz. v. J. 1763.

1764. T. Bergmann. Tal om möjeligheten at förexomma åskans skadeliga werkningar. Stockholm. 4.

„ *Method of preserving buildings from lightening. Gentlem. Mag. f. Juni 1764.* p. 284.

„ Wilson. *Considerations to prevent lightning from doing mischief to great works, high buildings and large magazines. Phil. Trans.* LIV. 247.

„ Watson. *Some suggestions concerning etc.* (S. oben J. 1762.) *Phil. Trans.* LIV. 201.

„ Menassier. (Elektr. Entladungen an Mastbäumen.) *Mém. de l'Acad. R. d. sc. an. 1764*, p. 408.

„ Nollet. *Mémoire sur les effets du tonnerre comparés à ceux de l'électr., avec quelques considérations sur les moyens de se garantir des premiers. Mém. de l'Acad. p. 1764.*

1765. Vorschlag, wie man Häuser vor dem Blitze bewahren könne: Aus d. *Gentlem. Mag.* 1764 übers. im Brem. Magaz. VII. 508.

1766. PONCELET. *La nature dans la formation du tonnerre.* Paris. 8.

1767. B. FRANKLIN. *Sur le tonnerre et sur la méthode que l'on employe communément aujourdhui en Amérique, pour garantir les hommes et les batimens de ses effets desastreux.* Paris 1767. Oeuvres I. p. 250.

„ LIND. *Maison d'épreuve du petit tonnerre. Oeuvres de Franklin.* I. 302.

„ J. PRIESTLEY. *The history and present state of electricity, with original experiments.* London. 4.

1768. T. BERGMANN. Von der Möglichkeit, den schädlichen Wirkungen der Gewitter vorzubeugen. Aus d. Schwed. im Schwed. Magaz. Copenhagen 1768, I. 39, übers. v. C. WEBER.

„ J. C. LOEHE. Ehre Gottes aus der Betrachtung des Himmels und der Erde. Nürnberg. Gr. 8. Bd. V.

„ P. DIVISCH. Längst verlangte Theorie von der meteorologischen Elektricität. Frankfurt. 8.

„ D. ROBERT. Von dem Abfluss der elektrischen Materie aus den Wolken in die Glocken. Alton. gel. Merc. a. d. J. 1768. p. 233.

„ J. A. H. REIMARUS. Die Ursache des Einschlagens vom Blitze, nebst dessen natürlichen Abwendung von unseren Gebäuden, aus zuverlässigen Erfahrungen vor Augen gelegt. Hamburg 1768; Langensalza 1769. 8.

1769. B FRANKLIN. *Experiments and observations on electricity etc. etc* London 1769. 4.

„ D. J. G. KRÜNITZ. Von der natürlichen oder himmlischen Elektricität: Literatur. Verzeichn. d. vorn. Schriften etc. etc. Leipzig. 8. p. 129.

„ NOLLET. Vergleichung der Wirkungen des Donners mit den Wirkungen der Elektricität, nebst einigen Betrachtungen über die Mittel sich vor dem ersteren zu bewahren. Aus dem Franz., Prag 1769. 8. [In §§. 19 und 20, p. 92—108, spricht N. seine Meinung über die Wirksamkeit der Blitzableiter aus; er hält dieselbe für eine eingebildete, gibt aber gleichwohl Rathschläge bezüglich des Aufenthaltes während der Gewitter, der Kleidung etc. etc., um gegen Entladung sich zu schützen. Am Ende seiner Betrachtungen (p. 107) über die Mittel, sich gegen die Wirkungen des Donners zu schützen, sagt N.: „Die Einbildungskraft kann andere erfinden; aber ich glaube nicht, dass man sie im Ernste vorschlagen könne. Wird die Furcht vor dem Donner, so gross sie auch ist, wohl jemals Jemand bewegen, sich in einer gläsernen oder porcellänenen Laterne aufhängen zu lassen, sich in ein Futteral harziger Materie zu verschliessen" etc. etc.] —

1770. BERTHOLON DE ST. LAZARE. *Mémoires sur les verges ou barres métalliques destinées à garantir les édifices des effets de la foudre. Mém. de Par. 1770.* p. 63. *Electric. de météores.* I. 228.

„ J. PRIESTLEY. *Additions on the history and present state of electricity.* London. Gr. 4.

„ TODERINI. *Filosofia Frankliana delle punte preservatrici dal fulmine.* Modena.

1771. J. F. ACKERMANN. Programma, quo morbus et sectio fulmine nuper adusti enarratur. Kilae 1771. 4.

„ D. J. P. EBERHARD. Vorschläge zur bequemeren und sichereren Anlegung der Pulvermagazine. Halle. 8.

„ J. J. v. FELBIGER. Kunst, Thürme oder andere Gebäude vor den schädlichen Wirkungen des Blitzes durch Ableitungen zu bewahren, angebracht an dem Thurm der Sagan'schen Stifts- und Pfarrkirche. Breslau. 8.

„ SAUSSURE. *Manifeste ou exposition abregée de l'utilité des conducteurs électriques.* Geneve.

1772. J. F. ACKERMANN. Nachrichten von der sonderbaren Wirkung eines Wetterstrahles. Kiel. 8.

„ G. BECCARIA. *Della elettricità terrestre atmosferica a cielo sereno: osservazioni dedicate a sua Altezza Reale il Signor Principe di Piemonti.* Torino. 4.

„ P. MAKO. Physikalische Abhandlungen von den Eigenschaften des Donners und den Mitteln wider das Einschlagen. Aus den Lat. von RETZER. Wien. 8.

„ J. PRIESTLEY. Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Elektricität. Aus d. Engl. nach der 2. Ausg. von J. G. KRÜNITZ. Berlin und Stralsund. 4. p. 9. 110. 206. 228. 254. etc.

1773. C. STEIGLEHNER. Observationes phaenomenorum electricor. in Hohen-Gebrachin et Prifling. Ratisb. 1773. 4.

„ CAVENDISH, WATSON and FRANKLIN. *A report of the Commitee appointed to consider*

of a method for securing the powder magazine at Purfleet street from lightning. Phil. Mag. LXIII. 42.

1773. WILSON. *Considerations to prevent lightning etc. etc.* (S. oben J. 1764.) *Phil. Trans.* LXIII. 49.

1774. J. N. TETENS. Ueber die beste Sicherung seiner Person bei einem Gewitter. Bützow und Wism. 1774. 8.

„ J. J. v. FELBIGER. Die Kunst, Thürme und andere Gebäude vor den schädlichen Wirkungen des Blitzes durch Ableitungen zu bewahren. Breslau. 8. 2. Aufl. (?)

„ PH. P. GUDEN. Von der Sicherheit wider die Donnerstrahlen. Götting. u. Gotha. 8.

„ (L. CH. LICHTENBERG.) Verhaltungs-Regeln bei nahen Donnerwettern, nebst den Mitteln sich gegen die schädlichen Wirkungen des Blitzes in Sicherheit zu setzen. Zum Unterricht für Unkundige. Gotha. 8.

1775. JOS. SCUDERY. Fernglas der Arzeneiwissenschaft, nebst einigen anderen Abhandlungen, Schiffe und Häuser vor dem Blitze zu bewahren, ingleichen ganze Städte und Distrikte vor dem Erdbeben in Sicherheit zu setzen. Aus dem Ital. Münster 1775. 8.

„ P. R. ARBUTHNOT. Abhandlung über die Preisfrage: „ob und was für Mittel es gebe, die Hochgewitter zu vertreiben etc. Abhandl. d. churfürstl. bayer. Akad. der Wiss. IX. 399.

1776. M. VAN MARUM. Verhandeling over het Electrizeeren. Groningen. 8.

„ J. F. GROSS. Elektrische Pausen. Leipzig.

1777 F. X. EPP. Abhandlung von dem Magnetismus der natürlichen Elektricität. München. Kl. 8. (1. Th. Die Ableiter schaden niemals, nutzen allzeit. System. Lehre von der Nutzbarkeit der Ableiter. 2. Th. Gründe wider die Ableiter und deren Bekämpfung.)

„ . W. HENLY. *Experiments and observations in electricity. Phil. Trans.* LXVII. 85.

1778. (L. CHR. LICHTENBERG.) Verhaltungs-Regeln bei nahen Donnerwettern, nebst den Mitteln, sich gegen die schädlichen Wirkungen des Blitzes in Sicherheit zu setzen. Zum Unterricht für Unkundige. Gotha 1778. 8. 3. Auflage.

„ NAIRNE. *Experiments in electricity, being an attempt to shew the advantage of elevated conductors. Phil. Trans.* LXVIII. 823.

„ J. A. H. REIMARUS. Vom Blitze. I. Dessen Bahn und Wirkung auf verschiedene Körper, nach zuverlässigen Wahrnehmungen von Wetterschlägen. II. Die beschützende Leitung durch Metalle erwogen und nach den Erfahrungen auf die sicherste und bequemste Anstalt zur Ableitung angewandt. III. Die Betrachtung der Wetterschläge aus elektrischen Erfahrungen erläutert. Hamburg 1778. 8.

„ J. TOALDO. *Dei conduttori per preservare gli edifizi da fulmini.* Venez. 1778. 4.

1779. J. TOALDO. *Mémoires sur les conducteurs pour préserver les édifices de la foudre. Trad. de l'Italien avec des notes et des additions par* BARBIER DE TINAN. Strassburg.

„ WILSON. *Considerations etc. etc. Phil. Trans.* LXIX. 160.

„ B. FRANKLIN. *Experiments of the utility of long pointed rods, for recuring buildings from damage by strokes of lightning. Polit Misc. and Phil. Pieces.* London. p. 487.

1780. LORD MAHON. *Principles of electricity.* Elmsly 1780. 4.

„ B. FRANKLIN. Sämmtliche Werke. Aus dem Englischen und Französischen übersetzt. Nebst des franz. Uebersetzers B. DUBOURG Zusätzen und mit einigen Anmerk. versehen von G. T. WENZEL. Dresden 1780. Bd. I.

1781. BERTHOLON. *Mémoire ou nouvelles preuves de l'efficacité des paratonnerres. Assemblée publique de la Soc. Royale de Montpellier p. 1781.* p. 69.

„ KERKHOF. Beschreibung einer Zurüstung, welche die anziehende Kraft der Erde gegen die Gewitterwolke und die Nützlichkeit der Blitzableitung sinnlich beweiset. Berlin. 8.

1783. J. J. HEMMER. Kurzer Begriff und Nutzen der Blitzableiter. Mannheim. 8.

„ HEMMER. Kurze und deutliche Anweisung, wie man durch einen an jedem Orte wohnenden Schmied, oder andere im Metall arbeitende Handwerker, eine sichere Wetterableitung mit sehr geringen Kosten an allerhand Gebäuden anlegen lassen kann. Friedrichsstadt. 8.

„ LUTZ. Unterricht vom Blitze und Wetterableitern. Nürnberg. 8.

1784. J. INGEN-HOUSS. Vermischte Schriften physisch-medicinischen Inhaltes. Uebersetzt und herausgegeben von N. C. MOLITOR. 2. verbess. und vermehrte Auflage. Wien 1784. (Erste Auflage vom J. 1782.) 2 Bde. 8. — Bd. I. p. 95.

1785. J. PH. OSTERTAG. Archäologische Abhandlung über die Blitzableiter und die Kenntnisse der Alten von der Elektricität. Neue philos. Abh. der baier. Akad. der Wiss. IV. 113.

„ J. HELFENZRIEDER. Verbesserung der Blitzableiter. Eichstaedt. 8.

1785. J. WEBER. Theorie der Elektricität. Nebst HELFENZRIEDER's Vorschlag etc. Salzburg. 8.

„ M. LANDRIANI. *Dell' utilità di conduttori elettrici.* Milano. 4.

1786. J. J. HEMMER. Anleitung, Wetterableiter an allen Gattungen von Gebäuden auf die sicherste Art anzulegen. Mannheim und Frankfurt. (Beschaulicher und ausübender Theil.)

„ M. LANDRIANI. Abhandlung vom Nutzen der Blitzableiter. Auf Befehl des Guberniums herausgegeben. Aus dem Italienischen von G. MÜLLER. Wien. 8. (Theorie, Anordnung und Erfahrungen über Blitzableiter. p. 1—154. Briefe über derlei Erfahrungen 154—238. Verzeichniss der Blitzableiter, die in verschiedenen Ländern von Europa errichtet waren. 239—247.)

1787. BERTHOLON. *De l'électricité des météores.* Paris. 2 Vol.

1788. A. PINAZZO. *Diss. sopra alcuni buoni fisici effeti che nascono da' Temporali.* Mantova. Dissert. p. 99.

1789. LORD MAHON's Grundsätze der Elektricität. Aus dem Engl. von SEEGER. Leipzig. 8.

„ P. PLAC. HEINRICH. Abhandlung über die Wirkung des Geschützes auf Gewitterwolken. Gekrönte Preisschrift. Neue philos. Abh. der baier. Akad. der Wiss. V. 1.

1790. (BUCHER?). Einige gegen die Gewitterableiter gemachte Einwürfe, beantwortet. Frankfurt. 8.

„ BÖKMANN. Beschreibung eines bequemen Apparates zur Beobachtung der Luftelektricität, nebst einigen Beob. und Versuchen. GREN Journ. I. 219. 385.

1791. BOECKMANN. Ueber die Blitzableiter. Karlsruhe. 8.

„ BUSSE. Beruhigung über die neuen Blitzableiter. Leipzig. 8.

„ C. G. VON ZENGEN. Ueber das Läuten bei Gewittern, besonders in Hinsicht der deshalb zu treffenden Polizeyverfügungen. Giessen. 8.

„ DE LUC. Ueber das elektrische Fluidum. GREN Journal d. Phys. III. 91.

1792. BERTHOLON. Von der Elektricität der Lufterscheinungen. Deutsch von . . . Liegnitz. 2 Vol. 8.

„ F. A. WEBER. Abhandlung vom Gewitter und Gewitterableiter. Zürich und Leipzig. [Eine nach LICHTENBERG (im Deutschen Museum enthaltene Abhandl.) bearbeitete Schrift.]

„ J. W. WALLOT und CASSINI. Beobachtungen über die Oscillationsbewegung der Magnetnadel, unmittelbar nach dem Vorüberziehen eines Gewitters. GREN Journ. V. 83.

1793. A. VOLTA. Meteorologische Briefe. Aus d. Italien. Leipzig. 8.

1794. J. A. H. REIMARUS. Neuere Bemerkungen vom Blitze, dessen Bahn, Wirkung, sicheren und bequemen Ableitung. Aus zuverlässigen Wahrnehmungen von Wetterschlägen dargelegt. Hamburg. 8.

„ J. A. H. REIMARUS. Ausführliche Vorschriften zur Blitz-Ableitung an allerlei Gebäuden. Aufs Neue geprüft etc. Hamburg. 8. (Ein Auszug aus dem 3. Abschn. des vorigen Werkes.)

1795. CHAPPE. Ueber die Eigenschaft der Spitzen, elektr. Materie aus bedeutenden Entfernungen aufzunehmen. GREN n. Journ. d. Phys. I. 115.

1796. J. F. GROSS. Grundsätze der Blitzableitungskunst. Nach dem Tode des Verf. herausgegeben von J. F. WIEDEMANN. Leipzig.

1797. T. CAVALLO. Vollst. Abhandl. der Lehre v. d. Elektr. Aus d. Engl. 4. Ausgabe Leipzig. Gr. 8. 2 Bde. I. 245 u. f. S. bis 327. II. 99 u. f. S.

„ K. G. KÜHN. Die neuesten Entdeckungen in der Elektr. Leipzig. 2 Theile. II. 1—173.

1798. FR. K. ACHARD. Kurze Anleitung, ländliche Gebäude vor Gewitterschäden sicher zu stellen. Berlin.

1799. A. VOLTA. Meteorologische Beobachtungen, besonders über die atmosphärische Elektricität. Aus d. Italienischen mit Anmerkungen des Herausgebers. (Herausgeg. von LICHTENBERG, übers. von SCHÄFFER.) Leipzig. 8.

„ VAN MARUM. Versuche für Blitzableiter. Gilbert's Ann. I. 263.

1800. v. HAUCH. Von der Luftelektricität, besonders mit Anwendung auf Gewitterableiter. Kopenhagen.

„ H. HALDANE. Versuche, den Grund zu entdecken, weshalb der Blitz in Gebäude einschlug, die mit Gewitter-Ableitern versehen waren. Gilbert's Ann. V. 115. *Nicholson's Journal of natur. philos.* I. 433.

„ L. A. v. ARNIM. Einige elektrische Bemerkungen. Gilbert's Ann. VI. 116.

1801. WOLFF. Versuche über Blitzableiter. Gilbert's Annalen VIII. 69.

1802. D. Gilly und J. A. Eitelwein. Kurze Anleitung, auf welche Art Blitzableiter an den Gebäuden anzulegen sind. Berlin. Gr. 8.

„ Georg Christoph Lichtenberg. Ueber Gewitterfurcht und Blitzableitung. Lichtenberg's vermischte Schriften, nach dessen Tode herausgegeben von L. Ch. Lichtenberg und Fr. Kries. Göttingen. 8. V. p. 216.

1803. G. Ch. Lichtenberg. Neueste Geschichte der Blitzableiter. (Aus d. Jahre 1779.) Math. und phys. Schriften etc. I. 210.

„ G. Ch. Lichtenberg. Vorschlag den Donner auf Noten zu setzen. Math. und phys. Schriften etc. etc. I. 478.

„ G. Ch. Lichtenberg. Versuche zur Bestimmung der zweckmässigsten Form der Gewitterstangen. (Aus dem Deutschen Museum, 1780?) Math. und physik. Schriften III. 3.

1804. Michaelis und Lichtenberg's Briefwechsel, über die Absicht oder Folgen der Spitzen auf Salomon's Tempel (1783). Math. und physik. Schriften III. 251.

„ Bodde. Grundzüge zu der Theorie der Blitzableiter. Münster. 8.

„ J. F. Lutz. Lehrbuch der theoretischen und practischen Blitzableitungslehre. Neu bearbeitet von J. K. Gütle. Nürnberg. 2 Thle. Gr. 8.

„ Saxtorph's Elektricitätslehre. Kopenhagen. 2 Theile. II. 1—101.

1805. J. K. Gütle. Allgemeine Sicherheitsregeln für Jedermann bei Gewittern. Merseburg.

„ W. A. Lampadius. Versuche und Beobachtungen über Elektricität und Wärme der Atmosphäre. Leipzig. 8.

„ W. A. Lampadius. Ein Schneegewitter, und ein Vorschlag zur Vervollkommnung der Blitzableiter. (Dieser Vorschlag besteht darin, dass L. anstatt der eisernen Stangen- und Schienen-Ableiter ein System von Röhren aus Eisen oder Kupfer für zweckmässiger erachtet.) Gilbert's Annalen der Physik XXIX. 58.

1809. J. J. Hemmer. Der Rathgeber, wie man sich vor Gewittern in unbewaffneten Gebäuden verwahren soll. Mannheim. 8.

„ Bodde. Grundzüge zur Theorie der Blitzableiter. Münster. 8.

1810. J. Ph. Ostertag. Antiquarische Abhandl. über Gewitterelektricität. Auswahl aus den kl. Schriften des Sammlung II. Salzbach. p. 455.

„ J. A. H. Reimarus. Ueber die Sicherung durch Blitzableiter. Gilbert's Annalen XXXVI. 113.

1811. L. von Unterberger. Nützliche Begriffe von den Wirkungen der Elektricität und der Gewittermaterie, nebst einer practischen Belehrung. Wien. 8.

„ M. v. Imhof. Ueber das Schiessen gegen heranziehende Donner- und Hagelgewitter. München. 4.

1812. J K. Gütle. Neue Erfahrungen über die beste Art Blitzableiter anzulegen. Nürnberg. 8.

1814. G. J. Singer. *Elements of electricity and electro-chemistry.* London. Gr. 8. Part. III. *Natural agencies of electricity.* p. 207.

1815. — — — Ueber Blitzableiter aus Messingdraht. Anzeiger für Kunst- und Gewerbefleiss in Bayern. München. No. 7. p. 81.

„ Benzenberg. Nachrichten über das Gewitter vom 11. Jan. 1815. Gilbert's Ann. L. 341.

„ Bodde. Ueber Blitzableiter. Gilbert's Ann. LI. 80.

1816. M. v. Imhof. Theoretisch practische Anweisung zur Anlegung zweckmässiger Blitzableiter. München. 8.

„ Ueber Blitzableiter. Anzeiger für Kunst- und Gewerbefleiss in Bayern. München. No. 26. p. 418.

1818. C. A. W. Wenzel. Ueber Blitzableiter. Aus d. Französ. (?) Wesel.

1819. G. J. Singer. Elemente der Elektricität und Elektrochemie. Aus d. Engl. von C. H. Müller. Breslau. 8. III. Theil. Naturwirkungen der Elektricität.

1820. — — — Nothwendigkeit der Blitzableiter. Kunst- und Gewerbeblatt f. d. Königreich Bayern. Jahrg. 1820. No. 21. p. 166.

„ F. Trechsel. Bemerkungen über Blitzableiter und Blitzschläge, veranlasst durch einige Ereignisse im Sommer 1819. Gilbert's Ann. LXIV. 227. (a. Einschlagen in ein Haus mit zwei Ableitern, p. 228. — b. Einschlagen in ein durch höhere Gegenstände geschütztes Haus zu Bern. p. 245. — c. Nachtrag anderer merkwürdiger Blitzschläge. p. 248. — d. Regeln für Blitzableiter. p. 255.)

1821. La Postolle. Ueber Blitz- und Hagelableiter aus Strohseilen. Aus d. Französ. Mit einer Abbildung. Weimar 8.

„ La Postolle. (Die Verurtheilung dieser Erfindung ist in *Ann. de Chim. et Phys. 1821* enthalten.)

1821. Gay-Lussac's Bericht über Lapostolle's Blitzableiter aus Stroh. Gilb. Ann. LXVIII. 216.

„ Müller und Hofmann. Einige prüfende Versuche (hierüber). Gilbert's Annalen LXVIII. 218.

„ Lindner. Blitzableiter von Strohseilen. Magazin der neuesten Erfindungen, Entdeckungen und Verbesserungen von Poppe, Kühn und Baumgärtner. Neue Folge. II. p. 18. (Ausreichendes hierüber findet man in Muncke's physik. Wörterbuch, I. 1086, wo Prof. Pfaff die Besprechung hierüber in folgender Weise einleitet: „Ein Windbeutel und Ignorant zugleich, der Apotheker des Königs von Frankreich, la Postolle, erdreistete sich, alle Physiker der Unwissenheit zu beschuldigen, dass sie die Metalle als vorzügliche Leiter der Elektricität bisher angesehen hatten, und greift zugleich die bisherige Blitzableitungskunst an, wogegen er die Welt mit der Entdeckung eines ganz neuen, höchst einfachen und wohlfeilen Blitzableiters etc. etc. beschenkt".)

1821. Vincent. Blitzableiter von Stroh. *Journ. d. connaiss. usuell. et pratiques, et Recueil des notions etc., par* Gillet de Grandmont *et* C. de Lasteyrie *et d'autres.* Paris. 8. XIX. 281.

1822. Davy. Neue tragbare Blitzableiter. Polyt. Journ. IX. 133.

„ Weber. Die Sicherung unserer Gebäude durch Blitzstrahlableiter, theor. und pract. beleuchtet und bewährt, sammt einer Beurtheilung der Ableiter aus Stroh. Landshut.

1823. Harris. *Observations on the effect of lightning on floating bodies, with an account of a new method of applying fixed and continuous conductors of electricity to the masts of ships.* London. 8.

„ Harris. Ueber den Nutzen der Blitzableiter in der Oeconomie. Polyt. Journ. X. 372.

„ Gay-Lussac. *Instruction sur les paratonnerres. Ann. de Ch. et de Phys.* XXVI. 258. Poggendorff's Ann. I. 403. (S. Seite 203.)

„ J. C. v. Yelin. Ueber den am 30. April 1822 erfolgten merkwürdigen Blitzschlag auf den Kirchthurm zu Rossstall im Rezatkreise (Bayern). München. 8.

1824. J. C. v. Yelin. Dasselbe. Auch unter dem Titel: Ueber die Blitzableiter aus Messingdrahtstricken etc. etc. München. 8. 2. vermehrte Auflage.

„ Ziegler. Blitzableiter von Platina. Allgem. Handlungszeit. v. Leuchs. p. 175. *Ann. de l'Indust. nation. et étrang. etc.* XVIII. 320.

1825. Fischer. Ueber die Nachtheile magnetischer eiserner Ableitungsröhren. Kastner's Archiv f. d. gesammte Naturlehre. III. 421.

„ Pfaff. Ueber Blitz und Blitzableiter. Gehler's physikalisches Wörterbuch, neu bearbeitet von Brandes, Gmelin, Horner, Muncke und Pfaff. Leipzig. Bd. I. Abth. 2. p. 981—1093.

1827. Hehl. Anleitung zur Errichtung und Untersuchung der Blitzableiter für Bauverständige, Bau- und Feuerbeschauer und Gebäude-Inhaber. Stuttgart.

1828. Murray. *Treatise on atmospheric electricity, including observations on lightning-rods and paragrêles.* London. 8.

„ R. Hare. Ueber die Ursachen, warum Wetterableiter in einigen Fällen nicht schützen, und die Mittel, dieselben vollkommen schützend zu machen, nebst einer Widerlegung der herrschenden Idee, dass Metalle die Elektricität vorzüglich anziehen. Aus Gill's *technological repository.* Nov. 1827, im Polyt. Journ. XXVII. 268.

1830. D. Breitinger. Instruction über Blitzableiter im Canton Zürich. Zürich. 4.

„ Böckmann. Ueber Blitzableiter. Eine Abhandl. auf höchsten Befehl bearbeitet. Neue Aufl. von Wucherer. Karlsruhe.

„ Poppe. Gewitterbüchlein zum Schutz und zur Sicherstellung gegen die Gefahren der Gewitter, besonders auch über die Kunst, Blitzableiter auf die beste Art anzulegen. Stuttgart.

„ Preibsch. Ueber Blitzableiter, deren Nutzbarkeit und Anlegung. Leipzig. 8.

„ Harris. *On the utility of fixing lightning conductors in ships.* Plymouth. 8. (S. auch Seite 214.)

1831. Murray. *Treatise on atmospheric electricity etc., traduit par* Riffault. Paris.

„ Blesson. Verbesserung an Blitzableitern. Verhandl. des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen. Jahrg. 1831. p. 250.

„ W. S. Harris. Ueber Blitzableiter an Schiffen. Aus *Register of arts.* Oct. 1831. p. 211 in Polyt. Journ. XLII. 415.

1832. L. F. Kämtz. Von den elektrischen Erscheinungen der Atmosphäre. Lehrbuch der Meteorologie. Bd. II. Halle 1832. Abschnitt VII. p. 389.

1833. A. de Tavernier. Blitzableiter, genannt Antijupiter, oder Tavernier's gewitterableitende Säule. Leipzig.

1833. G. Mayr's Abhandlung über Elektricität und sichernde Blitzableiter für jedes Gebäude, für Reise- und Frachtwagen, Schiffe und Bäume. München. Kl. 8. (Eine „neue vermehrte und verbesserte Auflage" ist im J. 1839 erschienen.)

1834. P. Bigot. Anweisung zur Anlegung, Construction und Veranschlagung der Blitzableiter für angehende Baubeamte, Bauhandwerker, insbesondere Metallarbeiter, und zunächst Hauseigenthümer und Oekonomen. Glogau.

1835. Plieninger. Ueber die Blitzableiter, ihre Vereinfachung und die Verminderung ihrer Kosten. Nebst einem Anhang über das Verhalten der Menschen bei Gewittern. Eine gemeinfassliche Belehrung für die Verfertiger der Blitzableiter, sowie für die Hausbesitzer. Im Auftrage der k. Centralstelle des landwirthschaftlichen Vereins in Würtemberg verfasst. Stuttgart und Tübingen. 8.

„ Legirung für Blitzableiterspitzen. *Journ. des conn.* XXII. 129. Polyt. Journal LVIII. 479.

1837. Roberts. *On lightning conductors particulary as applied to vessels.* W. Sturgeon: *The annals of electricity, magnetism and chemistry, and guardian of experimental science.* London. I. 468. II. 241.

„ K. W. Dempp. Ueber Blitzableiter. Förster's Bauzeitung. Jahrg. 1837.

1838. Arago. *Sur le tonnerre. Annuaire du bureau des longit.* Paris 1838. p. 249. 255. 257. 451.

„ P. Riess. Zusammenstellung der neueren Fortschritte über atmosphärische Elektricität. Repertorium der Physik. II. 87.

1839. Böckmann. Ueber Blitzableiter. 3. Auflage von G. F. Wucherer. Carlsruhe. Gr. 8.

1840—41. *Report of the Commitee appointed by the admirality to examine the plans of lightning conductors.* Sturgeon's Ann. V. 1.

„ Sturgeon. *On marine lightning conductors.* Sturgeon's Ann. V. 164.

„ Sturgeon. *An analysis of Mr.* Harris *investigation of* Sturgeon's *4 memoir.* Sturgeon's Ann. IV. 414.

„ Harris. *On the course of electrical discharge and on the effects of lightning on certain ships.* Sturgeon's Ann. V. 41. IV. 484.

„ Sturgeon. *Letter to* S. Harris *on marine lightning conductors.* Ib. IV. 322. 496. V. 53. 220.

1841. J. Arrowsmith. *On the use of black paint, in averting the effects of lightning on ships. The transactions and the proceedings of the London electrical Society from 1737 to 1840.* London. Gr. 4. p. 103.

„ W. Sturgeon. *A paper on the principle and action of lightning conductors.* Ib. p. 142.

„ W. L. Wharton. *The effect of a lightning stroke.* Ib. p. 162.

„ Lhotsky. *Some remarks on lightning on the high seas.* (*Abstract.*) Ib. 174.

1842. Chantrell. Ueber Blitzableiter. Polyt. Journ. LXXXVI. 179.

„ P. Riess. Ueber atmosphärische Elektricität und Schutzmittel gegen elektrische Meteore. Repertorium d. Physik VI. 277.

„ K. W. Dempp. Vollständiger Unterricht in der Technik der Blitzableitersetzung nach 66 Modellen. München. Kl. 8.

1844. Dove. Atmosphärische Elektricität: Literatur. Repertorium d. Physik V. 243.

1845. Cornay. *Sur quelques effets de l'ouragan du 19 août observés dans les environs de Paris. Compt. rend.* XXI. 534.

„ Marianini. *Du ré-électromètre comme moyen de découvrir la direction de la foudre. Ann. de Chim. et de phys.* XIII. 245.

„ Henry. *Method of protecting from lightning buildings covered with metallic roofs. Proceed. of the Americ. philos. soc.* IV. 179.

1846. F. Reich. Elektrische Versuche I. Abh. b. Begründ. der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wiss. p. 197.

„ Stricker. Ueber Anwendung des Galvanismus zur Prüfung der Blitzableiter. Pogg. Ann. LXIX. 554. Polyt. Journ. CIII. 265.

„ Henry. Ueber ein einfaches Verfahren, Gebäude mit metallischer Bedeckung vor dem Blitz zu schützen. Polyt. Journ. CI. 43.

1847. Olmsted. *A new effect of the magnetic telegraph. Mech. Mag.* XLVII. 262. (O. will den Telegraphennetzen einen bedeutenden Einfluss auf die Intensität der Gewitter und Blitzschläge beimessen.)

1847. A. Kunzek. Atmosphärische Elektricität. Leicht fassliche Darstellung der Meteorologie. Wien. Gr. 8. p. 174.

1848. H. Poselger. Berichte über atmosphärische Elektricität aus d. J. 1846. Fortschritte

d. Physik, herausgegeben von d. phys. Gesellsch. zu Berlin (oder Berl. Ber.) f. 1846. Berlin 1848. Gr. 8. p. 363.

1848. C. Brunner. Elektrische Lichterscheinungen ohne Donner. Fror. Not. IX. X. p. 152.

„ Ladame. *Sur les phénomènes électriques de l'air. Bibl. univ.* IX. 286.

„ W. Eisenlohr. Anleitung zur Ausführung und Visitation der Blitzableiter. Karlsruhe 1848. 8.

1849. R. Birt. *On the production of lightning by rain. Phil. Mag.* XXXV. 161. *Arch. d. sc. phys. et nat.* XII. 135.

„ Porro. Bleiröhren für Blitzableiter. Polyt. Journ. CXV. 397.

„ E. Highton. *Action perturbatrice de l'électricité atmosphérique. Compt. rend.* XXIX. 126. (Notiz.)

„ Morlet. *Resultats de recherches nouvelles sur l'arc lumineux qui accompagne souvent les aurores boréales. Compt. rend.* XXVIII. 744. 789.

„ De la Rive. *Sur les aurores boréales. Arch. d. sc. phys. et nat.* XII. 222.

1850. R. Philipps. *On the connexion of the electricity of condensation with lightning and the aurora. Phil. Mag.* (3) XXXVI. 103.

„ W. R. Birt. *On the connexion of atmospheric electricity with the condensation of vapour. Phil. Mag.* (3) XXXVI. 161.

„ W. R. Birt. Ueber die Veränderungen der Messingdrahtseile bei Blitzableitern. Bayer. Kunst- und Gewerbe-Bl. 148.

„ Peltier. *Sur l'électricité atmosphérique. Bull. d. Brux.* XVII. 1. p. 5.

„ Porro. *Substitution d'un tube de plomb à la corde métallique communément employé comme conducteur pour les paratonnerres. Compt. rend.* XXX. 86.

„ Porro. *Deuxième note sur les paratonnerres. Institut 1850.* p. 149.

„ E. Highton. *Action de l'électricité atmosphérique sur les télégraphes électriques. Institut.* 1850. p. 80.

„ Ch. Fr. Schönbein. Ueber den Ursprung der Wolkenelektricität und der Gewitter. In der Denkschrift: Ueber den Einfluss des Sonnenlichtes auf die chemische Thätigkeit des Sauerstoffes und den Ursprung der Wolkenelektricität und des Gewitters. Basel 1850. p. 11.

1851. E. Loomis. *On the proper height of lightnings rods.* Silliman's Journ. (2) X. 320.

„ W. Sturgeon. *On lightning and lightning conductors. Mem. of the Manch. Soc.* (2) IX. 56.

„ Casaseca. *Cas de foudre observé à la Havane. Compt. rend.* XXXIII. 209.

„ J. Lamont. Messung der atmosphärischen Elektricität. Abhandl. der math. physik. Cl. d. k. b. Akademie d. Wiss. VI. 2. p. 437.

„ J. Lamont. Beobachtungen der Luft-Elektricität an der Münchener Sternwarte vom 1. Mai 1850 bis Ende October 1851. Pogg. Ann. LXXXV. 494.

„ Arnold. Blitzableiter zum Schutz der Wärterbuden. Polyt. Centralblatt. p. 650.

1852. H. Poselger und G. Karsten. Berichte über „Atmosphärische Elektricität". Berl. Ber. 1848. p. 275. Berlin 1852.

„ A. d'Abbadie. *Sur les orages d'Ethiopie. Compt. rend.* XXXIV. 894.

„ W. Haidinger. Niedrigste Höhe der Gewitterwolken. Wiener Sitzungsberichte IV. 338.

„ K. Fritsch. Die tägliche Periode der Gewitter und ihre Ursache. Wiener Sitzungsberichte IX. 809.

1853. J. Spratt's Fangstange für Blitzableiter. Polytechn. Centralbl. p. 1142.

„ Beetz. Berichte über „Atmosphärische Elektricität". Berl. Ber. f. 1849. Berlin 1853. p. 258.

„ Armitage. *Lightning rod. Mech. Mag.* LIX. 204.

„ E. B. Bright. *Lightning conductors. Mechan. Magaz.* LIX. 246.

„ C. Beeck. Einige Worte über Blitzableiter. Zeitschrift f. die gesammten Natur-Wissenschaften II. 229.

„ P. Th. Riess. Entladungs-Erscheinungen der atmosphärischen Elektricität. Die Lehre von der Reibungs-Elektricität. Berlin. Gr. 8. Bd. II. Kap. 3. p. 528.

1854. F. Arago. *Le Tonnerre. Oeuvres de F.* Arago, *Notes scientifiques I. Cosmos.* V. 30. 700. *Edinb. Journ.* (2.) III. 150.

„ F. Arago. Ueber das Gewitter. Arago's sämmtliche Werke. Mit einer Einleitung von Alexander v. Humboldt. Deutsche Orginal-Ausgabe von W. G. Hankel. Leipzig. 8. Bd. IV.

„ F. Cohn. Ueber die Einwirkungen des Blitzes auf die Bäume. Jahresberichte der schlesisch. Gesellsch. 1853. p. 1.

„ T. du Moncel. *Théorie des éclairs. Mém. de la Soc. de Cherbourg.* II. 49.

1854. LECLERQ. *Sur la cause qui produit le bruit prolongé du tonnerre. Comptes rend.* XXXIX. 694.

„ POUILLET. *Supplément à l'instruction sur les paratonnerres.*

„ C. DUPIN. *Observations au sujet du rapport sur l'établissement des paratonnerres à bords des vaisseaux. Compt. rend.* XXXIX. 1159.

„ NASMYTH. FARADAY. *On lightning conductors. Athenaeum.* 1854. p. 1182.

„ J. L. GATCHELL. *Lightning rod. Mech. Magaz.* LXI. 174.

„ R. B. FORBES. *Lightnings conductors for ships. Mech. Magaz.* LXI. 178.

„ WITTCKE. Ueber das Gewitter. Vorgelesen am 1. April 1844 in der Sitzung der Erfurter Akademie gemeinnütziger Wissenschaften. S. CASSEL's „Wissenschaftliche Berichte". Erfurt 1854. II—III. p. 68.

1855. J. LAMONT. Berichte über „Atmosphärische Elektricität". Berl. Ber. 1850—1851. Berlin 1855. p. 879.

„ W. S. HARRIS. *Protection of the new palace of Westminster from lightning. Mech. Magaz.* LXII. 392.

1856. DELLMANN. Berichte über „Atmosphärische Elektricität". Ber. Ber. 1853. Berlin 1856. p. 612.

„ BECQUEREL. *Recherches sur l'électricité de l'air et de la terre, et sur les effets chimiques produits en vertu d'actions lentes avec ou sans le concours des forces électriques. Compt. rend.* XLIII. 1101.

„ S. MÄSTERMANN. *Observations on thunder and lightning. Smithsonian Report for 1855.* p. 265.

„ BAILLARD. *Sur les éclairs sans tonnerre et les tonnerres sans éclairs. Compt. rend.* XLIII. 816.

„ LENZ. *Sur combien de pieds carrés de la surface de la toiture doit-on, en construisant un paratonnerre, établir un conducteur à terre? — Bullet. de la Classe phisico-mathématique de l'Acad. Impériale de St. Petersbourg.* XV. 63.

„ J. MÜLLER. Atmosphärische Elektricität. Lehrbuch der kosmischen Physik. Braunschweig. 8. 4. Buch. p. 425.

Anmerkungen und Citate zu Kapitel IV.

[1] Die naturforschende Gesellschaft in Halle hat im J. 1823 eine Aufforderung veröffentlichet, durch welche beabsichtiget war, die Erforschungen dieser Erscheinungen in gedeihlicher Weise durchzuführen, denn man beabsichtigte, so viele Beobachter gewinnen zu können, dass auf jede Quadratmeile in der ganzen Ausdehnung Deutschlands eine Beobachtungsreihe fallen könnte.

Die Beobachtungen selbst sollten insbesondere auf die folgenden Punkte sich erstrecken:

1. „Tag der Gewitterbildung".
2. „Stand und Zug der Gewitterwolken, auch wenn die Gewitter nicht zum Ausbruch kamen; Himmelsgegend und Zeit des Wetterleuchtens, oder irgend einer anderen vielleicht mit entfernten Gewittern in Verbindung stehenden atmosphärischen Lichterscheinung".
3. „Zeit des Gewitters: Anfang. Grösste Stärke, nebst Angabe des Minimums von Secunden zwischen Blitz und Donner-Ende".
4. „Himmelsgegend: Woher das Gewitter kam. Wohin es zog".
5. „Windrichtung vor, während und nach dem Gewitter, wobei überhaupt auf die in der Gegend des Beobachters vorherrschenden Winde in den einzelnen Jahreszeiten zu achten".
6. „Bemerkung: Ob es mit Sturm, Regen oder Schlossen, mit starken, häufigen, nahen oder fernen Blitzen und Donnern begleitet war; ob elektrisches Licht an hervorragenden Spitzen, ob Feuerkugeln, Erderschütterungen etc. etc. dabei bemerkt wurden".
7. „Witterung, vor und nach dem Gewitter".
8. „Anmerkungen mit Beziehung auf Blitzschläge, Periodicität der Gewitter, Wetterscheiden etc. Auch ausserordentliche meteorische Phänomene, welche oft statt der Gewitter aufzutreten scheinen, als grosser Höhenrauch (?), Orcane, Wirbelwinde etc. etc., sowie auch Nachrichten von Erdstössen, plötzlichem Steigen oder Ausbleiben von Quellen, von merkwürdigen Wettererscheinungen in den Tiefen der Bergwerke, von ungewöhnlicher Unruhe meteorologischer Instrumente, der Magnetnadel etc." sollten zur Mittheilung kommen. — (SCHWEIGGER und MEINECKE. Journal für Chemie und Physik. XXXVIII. 182*.)

[2] Die Quellen, aus denen die Zahlen der Tab. I, die Vertheilung der Gewitter auf die einzelnen Monate nämlich, entnommen worden sind, habe ich im Folgenden zusammengestellt, und dabei statt der Ortsnamen bloss die Nummern, mit denen diese in der Tabelle bezeichnet sind, benutzt:

No. 1: A. W. Hauch. Ueber die Wintergewitter, welche der Westküste Norwegens und einigen anderen nördlichen Gegenden eigen sind. Aus den Schriften der phys. Klasse der dän. Gesellsch. der Wissenschaften in Kopenhagen, J. 1800. Bd. I. p. 285. etc. in Gilbert's Annalen der Physik XXIX. 182 *.

Nummern: 2; 4; 5; 6 a.; 9; 11; 12; 15, 16; 19; 20; 23; 25; 28; 31; 32 a.; 34; 36 a.; 49; 51; 62; 63; 65 a.; 68; 70 a.; 72 a.; 74; 84; 91; 92; 93 und 96. Aus Kämtz. Lehrbuch der Meteorologie II. 455—465.

Nummern: 26; 30, 35; 46; 55; 67; 73; 82; 97; 98; 100; 101; 102; 103 und 104. Aus Arago's sämmtliche Werke. Deutsch von Hankel. IV. 153 *.

No. 3: *Annales de l'observatoire physique central de Russie* †. *Année 1848. Supplément.* p. 153. Aus den meteorologischen Beobachtungen für Yakoutsk zusammengestellt.

No. 6 b.: *Annuaire météorologique et magnetique des corps des mines, etc. à St. Petersbourg. Année 1846.* Ferner *Ann. d. R. An. 1847—1856.* Aus den Beobachtungen selbst zusammengestellt.

No. 7: *Résultats des observ. météorologiques, faites au nouvel obsérvatoire d'Upsala.* Upsala 1856—1857. Aus den Beobachtungen zusammengestellt.

No. 8: Wie No. 66.

No. 10: *Ann. d. R. Année 1849. Supplément.* p. 1 *. Aus den Beobachtungen zu sammengestellt.

No. 13: *Ann. d. R.* 1847—1856. Selbst zusammengestellt.

No. 14 u. 17: Wie No. 6[a].

No. 18: *Ann. d. R. Année 1852. Supplém.* p. 1 *. Selbst zusammengestellt.

No. 21: M. A. P. Prestel. Beiträge zur Kenntniss des Klima's von Ostfriesland. Emden 1858. p. 11 *.

No. 22: (S. No. 6 a.)

No. 24: Gronau. Ueber die Gewitter in den Gegenden von Berlin. Schweigger und Meinecke. Journal für Chemie und Physik XXXI. (Auch unter dem Titel: Jahrbuch der Chemie und Physik I.) 123 *.

No. 27: *Ann. d. R. Ann. 1848. Supplém.* p. 1 *. Selbst zusammengestellt.

No. 29: J. G. Galle. Grundzüge der schlesischen Klimatologie. Breslau 1857. p. 107 *.

No. 32 b.: *Ann. d. R. Ann. 1847—1856.* Selbst zusammengestellt.

No. 33: *Annales de l'observat. Royal de Bruxelles.* XI. 1. p. 78 *.

No. 36 b.: Ibid. p. 77 *.

No. 37 bis 40: Ibid. p. 78 *.

No. 41: Jahrbücher der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus Von Karl Kreil. (Kreil's Jahrb.) Bd. I. 139 *.

No. 42: Eberhard. Klimatologie Koburgs. Koburg 1856. (Durch Hrn. Professor Dr. Meister in Freising gütigst mitgetheilt.)

No. 43: Kreil's Jahrb. I—II. Aus den Beobachtungen zusammengestellt.

No. 44—45: Ibid. II. 192 *. 207 *.

No. 47: Mittheil. des Hrn. Prof. Dr. Meister in Freising.

No. 48: Dove. Ergebnisse der in den Jahren 1848 bis 1857 angestellten meteorol. Beobachtungen des (preuss.) meteorologischen Institutes. (Der Haupttitel heisst: Tabellen und amtliche Nachrichten über den preussischen Staat. Berlin 1858.) p. 166 *.

No. 50: *Ann. d. R. Ann. 1849. Suppl.* p. 129 *.

No. 52: Aus den im Archiv der k. Sternwarte bei Bogenhausen deponirten und vom Hrn. Conservator Dr. Lamont gütigst mitgetheilten Orginalbeobachtungen zusammengestellt.

No. 53: (Wie No. 47.)

No. 54: F. v. Schmöger. Meteorologische Beobachtungen zu Regensburg in den Jahren 1774—1834. Nürnberg 1835. p. 72 *.

No. 56: Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Würtemberg. Jahrg. XI. p. 428 *.

No. 57: (S. No. 6 b.)

† Diese Annalen werde ich bei den nächstfolgenden Citaten bloss durch „*Ann. d. R.*" bezeichnen.

No. 58 a.: Fr. X. POLLAK. Fortsetz. d. Beiträge zu einer mathem. physik. Topographie von Dillingen. Programm. Dillingen 1845. p. 13*.
No. 58 b, No. 59 und No. 61, dann No. 71, No. 72 b. und No. 75: Mitth. des Hrn. Prof. Dr. MEISTER in Freising.
No. 60: *Annuaire météorol. et magn. d. St. Petersb. Ann. 1846. Supplém.* Aus den Beobachtungen selbst zusammengestellt.
No. 64: KREIL's Jahrb. I. 64*.
No. 65 b.: Aus den Originalbeobachtungen der k. Sternwarte zu Bogenhausen vom Hrn. Conservator Dr. LAMONT gütigst mitgetheilt.
No. 66: KREIL's Jahrb. I. 173*.
No. 69: Ibid. p. 192*.
No. 70 b.: LAMONT. Beobachtungen des meteorologischen Observatoriums auf dem Hohenpeissenberg von 1792—1850. München 1851. Aus den Beobachtungen zusammengestellt. Für die Jahrgänge 1851 bis 1859 wurden die im Archive der k. Sternwarte zu Bogenhausen deponirten und vom Hrn. Dr. LAMONT mir mitgetheilten Beobachtungen benutzt.
No. 76 und No. 77: H. H. DENZLER. Ergebnisse 31 jähriger Gewitterbeobachtungen von Hundwil bei Herisau. Mittheil. der naturforsch. Gesellsch. in Zürich II. 551*.
No. 78 und No. 79: KREIL's Jahrbuch IV. 286*. 279*.
No. 80: Ibid. II. p. 177*.
No. 81: Ueber die Vertheilung der Gewitter in Zürich nach Beobacht. von 1683—1718 (und 1837—1852). Mittheil. d. naturforsch. Gesellsch. in Bern. Jahrg. 1852. p. 320*.
No. 83: *Annuaire météorol. et magn. d. St. Petersbourg. Année 1846. Supplém.* p. 75*.
No. 85—88: KREIL's Jahrb. II. 166*. I. 212*. II. 152. I. 204*.
No. 89: SAUVANAU. *Observat. météorol. faites à St. Rambert-en Bugey.* Lyon 1852. p. 61*.
No. 90: KREIL's Jahrb. I. 102*.
No. 94: *Annuaire météorol. d. Russie. Ann. 1846. Ann. d. R. Ann. 1847—1855.* Aus den Beobachtungen selbst zusammengestellt.
No. 95: *Ann. météorol. d. R. Ann. 1846. Ann. d. R. Années 1852—1855.* Selbst zusammengestellt.
No. 99: LAMONT. Annalen für Meteorologie und Erdmagnetismus. Heft VI. p. 220*.

[3] In seinem Aufsatze: „Ueber die Häufigkeit der Gewitter in den Polar-Regionen" (Pogg. Ann. XLVIII. 606*) erwähnt v. BÄR bezüglich der Gewitter auf Island unter Anderem Folgendes: „JULIN hörte es zu Uleåborg (65° N.) während 12 Jahren (1776 bis 1787) 88 Mal donnern (Abh. d. schwed. Akad. X. 109); diess macht 7,3 Mal fürs Jahr; und doch liegt diese Stadt entfernt von allen grossen Gebirgsketten, die, wie bekannt, die Zahl der Gewitter vermehren; auch liegt sie am Ufer eines bedeutenden Meerbusens". Ob diese Gewitter grossentheils in den Winter-, oder auch in den Sommermonaten beobachtet wurden, wird hier nicht angegeben.

[4] Die zu Archangel (64° 34′ n. Br.) angestellten Beobachtungen (KUPFFER, *Annuaire météor. pour 1838.* p. 391) geben Folgendes: Jahr 1814—1819: *44* Gewitter; Jahre 1820—1825: *45* Gewitter; Jahr 1826—1832 (1828 fehlt): *42* Gewitter. Pogg. Ann. XLVIII. 606*.

[5] Innerhalb 22 Jahre (1822—1844?) kamen zu Fellin — 58° 22′ n. Br., 43° 18′ östl. L. v. Ferro, 1200 Fuss Höhe über dem Meere — 129 Gewitter vor. Im November und Januar wurde keines, im December nur ein Gewitter während dieser Beobachtungsperiode wahrgenommen. *Correspondance météorologique par* A. T. KUPFFER. *Année 1850.* St. Petersb. 1851. p. 95*.

[6] Die Vertheilung der Gewitter zu Orel (52° 38′ n. Br.; 53° 46′ ö. L. v. Paris) auf die einzelnen Beobachtungsjahre war folgende:

1838	*19* G.	*1842*	*16* G.
1839	*21* „	1843	14 „
1840	*11* „	1844	24 „
1841	*21* „	1845	17 „

A. T. KUPFFER. *Corresp. météor. pour 1850.* p. 100*.

[7] J. G. GALLE. Grundz. d. schles. Klimatologie. p. 111*. Die Schneekoppe liegt unter 50° 44′ n. Br., 33° 24′ ö. L. v. Paris, und hat eine Meereshöhe von 4961 Fuss. Die Beobachtungen erstrecken sich auf die Jahre 1824—1834 (11 J.).

[8] Aus KREIL's Jahrb. I. 180*. 378. II. 88*. III. 80*. IV. 120* zusammengestellt.

[9] GILBERT's Ann. XLI. 84*. Die Beobachtungen erstrecken sich auf die Jahre 1801 bis 1811.

[10] ARAGO IV. 159*. Die Posit. von Tübingen sind: 48° 31' n. Br.; 6° 43' ö. L. v. Paris; Meereshöhe: 1194'.

[11] Die mittlere Jahres-Summe der Gewitter wurde aus den innerhalb der Beobachtungsperiode von 1792 bis 1859 auf Hohenpeissenberg stattgehabten Gewittern bestimmt.

[12] ARAGO IV. 159*. Die geogr. Posit. sind: 52° 5' n. Br.; 2° 47' ö. L. v. Paris.

[13] L. FLEURY. *Sur le nombre des orages à Cherbourg. Mém. de la Soc. d. Cherbourg* IV. 209; Berl. Ber. XII. 588*. In 29 Jahren (1820 bis 1848) kamen in Cherbourg 126 Gewitter vor, deren Vertheilung auf die Monate folgende war:

Januar *5*	April *7*	Juli *16*	October *11*
Februar...... *2*	Mai *15*	August *16*	November *8*
März *4*	Juni *24*	September.... *15*	December *3*

[14] ARAGO IV. 157*. Aus 20jähr. (älteren) Beobachtungen. Geogr. Posit. v. Strassburg: 48° 32' n. Br.; 5° 25' ö. L. v. Paris; 450' Meereshöhe.

[15] Ibid. p. 158*. Aus 7jähr. Beobachtungen von 1784—1790. Geogr. Posit. 43° 36' n. Br.; 0° 54' w. L. v. Paris.

[16] H. H. DENZLER. Ueber die Höhenlage und das Klima des Ober-Engadins. Mitth. d. naturf. Gesellsch. in Zürich II. 290*. Aus den fünfjährigen Beobachtungen (1827—1831) ergeben sich in Summe für Mai *1*, Juni *2*, Juli *10*, August *2*, September *4* Gewitter.

[17] Die einklammirten Zahlen sind aus ARAGO IV. 161* entnommen worden.

[18] Ibid. p. 161*. 23 jährige Beobachtungen von JONATHAN COUCH. (N. Br. 50 $\frac{1}{3}$°; W. Länge v. Paris — 6 $\frac{1}{2}$°.)

[19] Ibid. p. 155*. 16° 1' nördl. Breite; 64° 6' w. L. v. Paris. Die Gewittermonate sind April bis November; im September kömmt die grösste Zahl der Gewitter vor.

[20] Ibid. p. 154*. — 18° 5' n. Breite; 65° 23' w. L. v. Paris. — Auf Martinique kommen niemals (?) Gewitter vor während der Monate Januar, Februar, März und December. Der September ist der gewitterreichste Monat.

[21] Ibid. p. 153*. N. Breite: 25° 37'; Oestl. Länge v. Paris: 82° 55'. Ein einziger Jahrgang. Beobachtungen van LIND.

[22] Pogg. Ann. XLVIII. 601*.

[23] *Voyage en Islande fait par ordre d. S. M. Danoise etc. — Trad. par* GAUTHIER DE LAPEYRONNIE. IV. 59.

[24] ANDERSON. Nachrichten von Island, Grönland und der Strasse Davis 1747. p. 123.

[25] M. s. auch hierüber: GILBERT's Ann. XLI. 317 u. f. S.

[26] K. FRITSCH. Die tägliche Periode der Gewitter und ihre Ursachen. Sitzungsber. d. Wiener Akad. der Wissensch. Math. naturwiss. Classe IX. 809*.

[27] BECCARIA. *Lettere dell' elettricismo.* p. 146. 151. 176. PRIESTLEY. Gesch. d. El. p. 215*.

[28] ARAGO IV. 9*.

[29] Aus der Hanöver. nützl. Samml. 1757. p. 53 in H. W. DOVE's Meteorologische Untersuchungen. Berlin 1837. p. 227*.

[30] ARAGO IV. 12*. Hier werden noch mehrere andere hieher gehörige Beispiele aufgeführt.

[31] Ibid. p. 140*.

[32] Ibid. p. 143.

[33] FRANKLIN's Werke, deutsch von WENZEL I. 86*.

[34] ARAGO IV. 139*.

[35] Aus GRAHAM HUTCHISON's *meteorology, marh fevers and ewen's system of equality.* London 1839 in ARAGO etc. p. 137.

[36] *Comptes rend.* XXXIV. 894*.

[37] ALEXANDER Graf v. VOLTA (Brief an P. CONFIGLIACHI, seinem Nachfolger an der Universität zu Pavia). Ueber periodische Wiederkehr der Gewitter, und über den äusserst kalten und ungewöhnlich trockenen Wind, welcher mehrere Stunden nach den, mit Hagel verbundenen Gewittern empfunden wird. Aus dem *Giornale di fisica, chimica etc.* Tom X. 17 in SCHWEIGGER n. Journal f. Chemie u. Phys. XIX. 264*.

[38] Jahresbericht der Münchener Sternwarte f. 1854. p. 20*. Abh. d. k. b. Akademie d. Wissensch. II. Classe. VIII. 1 Abth. p. 51*.

[39] Die mir vorliegenden Abhandlungen SCHÜBLER's sind folgende: Ueber die Bildung und verschiedene Richtung der Gewitter und Schlossen in Würtemberg. SCHWEIGGER's Journ. XXXI. 132*. XLIV. 216*. — Ueber die Gewitter der Jahre 1820—1824 in Würtemberg. Ib. 145*. XXXIV. 377*. XXXVIII. 164*. XLI. 26*.

[39a] Mein geehrter Freund ORFF machte mir nämlich bei seiner neulichen Rückkunft die nachstehende Mittheilung:

„Anliegend folgt eine kurze Beschreibung dessen, was ich bezüglich der Gewittererscheinungen in der Nähe von Brennberg während meines 38tägigen Aufenthaltes daselbst er-

fahren und beobachtet habe. — Das Terrain zwischen dem unteren Laufe des Regens (von der Mündung aufwärts bis in die Gegend von Roding gerechnet) einerseits und der Donau andererseits erhebt sich über den Wasserspiegel dieses Flusses in seinen bedeutendsten Erhebungen bis auf 1200—1300 bayer. Fuss (2300′—2400′ abs. Höhe); mit Ausnahme einiger tief eingeschnittener Thäler, in welchen Gebirgsbäche mit beträchtlichem Gefälle der Donau zufliessen, dürfte die mittlere Erhebung des Geländes über die Donau und die bayer. Ebene zu 800′ angenommen werden. Ein Theil der Unebenheiten (bis circa 3 Stunden östlich von der Linie Regensburg, Regenstauf) kennzeichnet sich in den Formen sowohl als auch mineralogisch als der Juraformation angehörig, während der grössere östliche Theil Urgebirge ist, das sich sowohl in dem häufigen Vorkommen des Granits als auch durch die sanfte kugelabschnittähnliche Form der Erhebungen kenntlich macht. — Obwohl dieser ganze Terrainabschnitt ziemlich reich bewaldet ist, so fehlen doch mit Ausnahme des grossen fürstl. Taxis'schen Wildparkes nördlich und östlich von Donaustauf und Pach grössere zusammenhängende Waldungen; dieser Forst hat einen Umfang von 8 Stunden und findet sich in selbem der schönste üppigste Holzwuchs vor; namentlich zeichnet sich hierin der 2320′ (absol.) hohe Schopflohe-Berg aus, auf dessen höchsten Punkten Nadelholzstämme von 120—130′ Höhe ziemlich dicht bei einander stehen. Dieser Berg um circa 50′ höher als der Brennberger Schlossberg ist in der ganzen Gegend als „Blitzableiter“ im Volke bekannt. Bei ziemlich vielen im Laufe des Monats Juli entstandenen Gewittern brachte der Westwind auch nicht ein einziges nach Brennberg und es war vielmehr sehr bestimmt wahrzunehmen, wie bei dieser Windrichtung alle Wolken dem Laufe der Donau folgten oder im Regenthale aufwärts zogen; bilden sich dagegen, was allerdings selten der Fall ist, im Osten bei herrschendem Ostwinde Gewitterwolken, so folgen für Brennberg fast jedes Mal ziemlich heftige Gewitter-Erscheinungen. Besonders auffallend ist das Verhalten der von Westen kommenden, an der Donau hinziehenden Gewitter; so wie selbe sich dem oben genannten Schopflohe-Berge nähern, hüllt sich der Berg auf einige Zeit in dichten Nebel, man nimmt weder Blitz noch Donner mehr wahr und die ganze Wolke scheint sich hier festzusetzen; nach einiger Zeit entsteht ein heftiger Wind, der auf dem Schopflohe lastende Nebel hebt sich, und das Gewitter zieht Donau abwärts fort, während die Blitz- und Donnererscheinungen auf's Neue auftreten. Die Entfernung des Schopflohe von der Donau beträgt circa 1 Stunde, seine Entfernung von Brennberg $1\frac{1}{2}$ Stunden, während die Distanz Brennbergs von der Donau circa 2 Stunden ist. Durch die auf dem lang gestreckten Rücken des Schopflohe stehenden hohen Bäume erscheint dieser Punkt als der höchste der Erdoberfläche in einem Umkreise von mindestens 5 Stunden; an Reichthum des Holzwuchses kömmt keine Stelle der Umgegend Brennbergs diesem oben genannten Berge gleich. — Hier haben Sie, hochverehrter Freund, Alles was sich mir, ohne näheres Eingehen auf die Gewitter-Erscheinungen von selbst darbot — ja fast aufdrängte. — Es würde mich unendlich freuen, wenn ich in Zukunft Ihnen irgend meteorologische Wahrnehmungen mittheilen könnte, wozu ich mir Ihre Anleitung erbitte“. —

40 Kämtz hat hierüber ausreichende Erörterungen, durch die gehörigen Beispiele erläutert, vorgenommen. Meteorol. II. 478 *. Ferner sehe man: Lamont. Annalen f. Meteorologie und Erdmagnetismus. Heft X. 146 *. 153 *. — Uebersichten der Witterung in Oesterreich und einigen angrenzenden Ländern vom Jahre 1853—1857 in den Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1853—1858 etc. etc.

41 Gilbert's Ann. XXIX. 175 *.

42 Benzenberg. Nachrichten über das Gewitter vom 11. Jan. 1815. Gilb. Ann. L. 341 *.

43 Lamont's Ann. f. Erdmagn. Heft X. 153 *.

44 Kämtz. Lehrb. d. Meteorologie II. 450 * u. f. S.

45 *The physical geography of the sea by* M. F. Maury. *New. edition.* New-York 1858. p. 328 *.

46 Ueber den Ursprung der Ausdrücke: St. Elmo und St. Hermo-Feuer etc. s. m. die Abhandlung: F. Piper. Das St. Elmsfeuer. Pogg. Ann. LXXXII. 317 *. — Näheres über diese Erscheinungen aus den alten Zeiten findet man schon von Watson zusammengestellt in *Phil. Transact.* XLVIII. Part. I. p. 210 *.

47 *Hist. de l'Acad.* 1752. p. 10.

48 Priestley. Gesch. d. El. p. 252 *.

49 Aus Arago IV. p. 123 *.

50 *Mémoires du comte de* Forbin. T. I.* p. 368. Nollet. *Lettres sur l'électr.* Lettre IX. 229 *. Reimarus v. Blitze. p. 73 *. Priestley. p. 253 *. Arago. p. 123.

51 Scheuchzer's Schweiz. Natur-Gesch. II. 80 *.

52 Reimarus v. Bl. p. 75 * u. f. S. — Es wird hier hervorgehoben, dass schon im J. 1751 diese Erscheinungen von Kästner als elektrische erkannt wurden.

53 Priestley. Gesch. d. El. p. 273*. Umständlicher in Reimarus v. Bl. p. 79*.

54 Aus Frau von Laroche's Reise durch Frankreich. p. 476 und 478 in Reimarus, neuere Bemerk. p. 8*.

55 Schweigger's Journ., neue R. XXXIV. 386*.

56 *Hist. de l'Acad. d. Sc.* 1767. p. 33; Reimarus v. Bl. p. 573*.

57 Arago IV. 124. Reimarus v. Bl. 73. 574 u. f. S. — Reimarus neuere Bemerk. a. a. S. — Schübler's Meteorologie 151. Muncke in seinem Wörterbuch X. 1628 u. f. S. u. s. w.

58 Repertor. d. Phys. VI. 280.

59 Priestley. Gesch. d. El. 253. — Reimarus v. Bl. 575. N. Bemerk. 169. — Kämtz Meteorologie II. 487. — Muncke in Gehler's n. Wörterbuch X. 1626 u. f. S. — Pogg. Ann XXXIV. 34. XLVI. 655. 659. — Epp bemerkt (a. a. O. 111), dass zu seiner Zeit (sein Buch ist im Jahre 1777 erschienen) auf dem Petersthurm, so wie auf dem heiligen Geistthurm während der Gewitter öfters blaue Flämmchen wahrgenommen worden sind. — Unter den an Blitzableitern beobachteten Erscheinungen dieser Art möchte das von Hemmer erzählte Factum eines der interessantesten bezüglich der Wirksamkeit der Blitzableiter sein: Hemmer sagt nämlich: „Eine merkwürdige Erscheinung dieser Art ist im J. 1781, des Abends bei einem schweren Gewitter auf zweien Wetterleitern des Schlosses zu Nymphenburg vom ganzen kurfürstlichen Hofe beobachtet worden, wodurch mehrere elektrische Ungläubige so bekehrt worden, dass sie ihre Häuser ebenfalls wider die Blitzstrahlen bewaffnen liessen. Nicht lange nach dieser Erscheinung zog ein gräuliches Gewitter von Westen gerade über dem Schlosse nach Osten hin, und siehe da, sobald die Wolken über dem Schlosse her gegangen waren, glichen sie todten Kohlen u. s. w". (Hemmer's Anleit. p. 40*.)

60 *Lettere dell' elettricismo.* p. 288. Priestley. Gesch. d. El. p. 232*.

61 A. a. O. p. 61* u. f. S.

62 J. Schneider. Ueber einige elektrische Meteore. Pogg. Ann. XCVIII. 324*. Berl. Ber. XII. 583*.

63 Moesta. Ueber ein paar in Chili beobachtete Lichtphänomene. Pogg. Ann. XCVIII. 340* Berl. Ber. XII. 584*.

64 Meteorologie. p. 153.

65 Gilb. Ann. LXX. 113*.

66 A. a. O. p. 127* u. f. S.

67 *Sur les éclairs sans tonnerre et les tonnerres sans éclairs. Compt. rend.* XLIII. 816*. Ferner sehe man Arago, IV. 184*. — Um zu entscheiden, ob das Wetterleuchten von reflectirtem Lichte oder von einer directen Lichtquelle herrühre, wendet Arago (s. a. a. O.) die folgende Vorrichtung an: „Eine Röhre von 12 bis 15 Zoll Länge versehe man an demjenigen Ende, welches nach den Blitzen hingerichtet werden soll, mit einem kreisförmigen Einsatze von ein paar Linien Oeffnung. Diese Oeffnung wird mit einer parallelflächigen Bergkrystallplatte von 2 bis 3 Linien Dicke, die senkrecht auf die Kanten des sechsseitigen Prismas aus dem Krystall geschnitten ist, geschlossen. An dem anderen Ende der Röhre, das vor das Auge gehalten wird, befindet sich ein achromatisirtes Prisma aus Kalkspath, Quarz oder irgend einem anderen doppeltbrechenden Krystalle. Richtet man das Rohr ohne Prisma gegen einen hellen Körper, so sieht man nur eine kreisförmige Scheibe; beim Sehen durch das eingesetzte doppeltbrechende Prisma aber erscheinen sogleich zwei solcher Scheiben. — Leuchtet nun der beobachtete Gegenstand selbstständig in weissem Lichte, so erscheinen beide Scheiben weiss. Ist dagegen das beleuchtende Licht nur in das Rohr gelangt, nachdem es zuvor unter einem von 90° merklich verschiedenen Winkel reflectirt worden ist, so erscheinen beide Scheiben in entgegengesetzter Weise gefärbt. Ist die eine z. B. roth, so ist die andere grün, und dreht man das Rohr um seine Axe, so ändern sich die beiden Farben, bleiben aber immer zu einander complementär. — Das von der Atmosphäre zurückgeworfene Licht zeigt in dieser Vorrichtung alle Eigenschaften, wie das von Wasser, Glas etc. zurückgeworfene; denn richtet man das Rohr auf den heiteren Himmel, so sieht man beide Scheiben in lebhaften Farben leuchten. Es gibt nur eine sehr schmale Zone in der Nähe der Sonne und einen noch kleineren Raum an der ihr gegenüberliegenden Seite, wo die Färbung unmerklich wird. — Richtet man dieses Instrument, wie ein gewöhnliches Fernrohr, während des Wetterleuchtens nach der Gegend hin, wo diese Erscheinung am häufigsten sich zeigt, so wird man beim jedesmaligen Aufleuchten eines Blitzes zwei helle Scheiben wahrnehmen. Sind beide Scheiben von einerlei Farbe, nämlich von der des Blitzes, so hat man es mit directem Lichte zu thun, d. h. der Blitz ist in dem über dem Horizonte liegenden Theile der Atmosphäre entstanden. Erscheinen dagegen die beiden Scheiben mit zusammengehörigen complementären Farben, so beweist diess, dass das Licht, welches von den in der Röhre befindlichen Krystallen gewissermassen zerlegt wird, reflectirtes Licht ist, herrührend von Blitzen, welche unter-

halb des sichtbaren Horizontes ihren Ursprung haben. Könnte man die Intensität der Färbung dieser Scheiben messen, so liesse sich selbst ohne allzugrosse Schwierigkeit bestimmen, welche Gegend der Atmosphäre letztere Blitze einnehmen."

68 Meine Quellen hiefür sind: Kreil's Jahrbücher I. 9* 11*. II. 127*. IV. 183*. 184*.

69 Pogg. Ann. LXXIX. 484*.

70 J. Henry. *On the induction of atmospheric electricity on the wires of the electric telegraph. Proceedings of the Americ. phil. Soc.* IV. 260. *Philos. Mag.* XXX. 186*. Polyt. Journ. CIV. 265*.

71 W. Casselmann. Ueber den Einfluss der Gewitter auf die Drähte elektro-magnetischer Telegraphen. Pogg. Ann. LXXIII. 609* u. f. S.

72 A. Baumgartner. Ueber die Wirkungen der natürlichen Elektricität auf elektromagnetische Telegraphen. Sitzungsber. der Wiener Akad. d. Wiss., mathem. naturwiss. Klasse I. 270*; Pogg. Ann. LXXVI. 135*.

73 W. Brix. Betriebsstörungen der Telegraphenlinien während der Nordlicht-Erscheinungen in der Zeit vom 28. August bis 4. September 1859. Zeitschr. d. deutsch-österr. Telegraphen-Vereins VI. 250* u. f. S. — Diesem Berichte sind zwei andere vorausgeschickt, und zwar: „Wahrnehmungen über die elektrischen Wirkungen des Nordlichtes an den norwegischen Telegraphenlinien von C. Nielsen, k. norwegischen Telegraphen-Director". Ib. 245*. — „Einige ältere Wahrnehmungen von Störungen der telegraphischen Correspondenz während eines Nordlichtes durch die Hrn. Highton, Matteucci, Barlow und Wr. Siemens". Ib. 247*.

74 Man sehe Arago's Abhandlung über das Nordlicht IV. 470* u. f. S.

75 S. im Literatur-Verzeichnisse.

76 *Lettere dell' elettricismo.* p. 305; Priestley's Gesch. d. El. p. 232*.

77 *Lettere etc.* p. 183. 188; Priestley, etc. p. 216*.

78 Peltier fils. *Sur l'électricité atmosphérique. Bulletins de l'Acad. d. sc. de Belgique.* XVII. 1. p. 5*. — Lamont. Theorie und Beschreibung eines Elektrometers. Abhandl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. VI. 433*.

79 Würtemberger Jahreshefte XI. 462*.

80 Boudin. *Recherches sur le nombre des victimes de la foudre et sur quelques phénomènes observés sur les individus frappés.* (*Extrait.*) *Compt. rend.* XXXIX. 783*; Berl. Ber. X. 652*.

81 Arago IV. 218*.

82 Das Nähere hierüber findet man in den Schriften, die in der am Ende zusammengestellten Literatur unter den betreffenden Titeln aufgeführt sich befinden. Eine genaue Untersuchung hierüber hat Arago (a. a. O.) auf S. 241—247* angestellt.

83 Neue philosophische Abhandlungen der bayerischen Akademie der Wissenschaften. München 1785. IV. 113*.

84 Landriani's Abhandlung etc. p. 245*.

85 Meteorologische Beobachtungen über die atmosphärische Elektricität. Aus dem Italienischen. Leipzig 1799. p. 174*. 187*.

86 L. Dutens. *Recherches sur l'origine des découvertes attribuées aux modernes 1766.* Ins Deutsche übersetzt. Leipzig 1772. 8.

87 Arago IV. 259*.

88 *Compt. rend.* IX. 605*; Pogg. Ann. XLIX. 239*.

89 P. J. Espy. *Second Report on meteorology.* Washington 1849. p. 14*.

90 Neue philosophische Abhandlungen der bayerischen Akademie der Wissenschaften. München 1789. V. 1*.

91 Ueber das Schiessen gegen heranziehende Donner- und Hagelwolken. München 1811*.

92 Vermischte Schriften VIII. 342*.

Berichtigungen zum ersten Abschnitte.

Seite	11,	Zeile	5	von	oben,	lese man:	„versehen sein würde“	statt	„versehen würde“
„	26	„	3	„	„	„ „	„Abschnitt III“	„	„Kapitel III“
„	57	„	1	„	„	„ „	„$\frac{e}{L}$“	„	„$\frac{L}{e}$“
„	59	„	18	„	unten,	„ „	„soll auch den“	„	„soll den“
„	71	„	9	„	„	„ „	„diese“	„	„die“
„	72	„	14	„	oben,	„ „	„5 Linien“	„	„5 Fuss“
„	75	„	19	„	unten,	„ „	„Anlagekosten“	„	„Auslagekosten“
„	84	„	2	„	oben,	„ „	„Anordnung“	„	„Anwendung“
„	90	„	14	„	unten,	„ „	„Die Verbindung der einzelnen“	„	„Die einzelnen“
„	93	„	22	„	oben,	„ „	„schon vor der“	„	„schon von der“
„	109	„	15	„	unten,	„ „	„könnte“	„	„könnten“
„	165	„	13	„	„	„ „	„1835“	„	„1833“
„	166	„	2	„	„	„ „	„Abfallröhren“	„	„Abfallsröhren“
„	177	„	18	„	oben,	„ „	„Rheometer“	„	„Rheomotor“
„	184	„	9	„	unten,	„ „	„dieses“	„	„dies“
„	194	„	17	„	„	„ „	„fehlerfreien“	„	„fehlerhaften“
„	195	„	30	„	oben,	„ „	„der innere Zustand“	„	„eine chemische Veränderung“
„	198	„	14	„	„	„ „	„Linien“	„	„Loth“
„	„	„	2	„	unten,	„ „	„den Thurm“	„	„Thurm“
„	199	„	14	„	oben,	„ „	„mehr als 48 Fl.“	„	„mehr 48 Fl.“
„	204	„	16	„	unten,	„ „	„Instruction“	„	„Construction“

Zweiter Abschnitt. Zünden von Sprengladungen und Minenöfen mittelst elektrischer Wirkungen.

Kapitel I.

Ueber die elektrischen Zündungs-Methoden im Allgemeinen; über die Zündung mittelst des elektrischen Funkens der Ladungs-Apparate insbesondere [1].

§. 56. Allgemeines über die Nachtheile und Leistungen der älteren Zündungs-Methoden den neueren Verfahrungsweisen gegenüber.

Unter den vielen und mannichfachen Anwendungen, mit welchen die Forschungen im Gebiete der Elektricitätslehre in den letzten dreissig Jahren die Technik bereicherten, ist die Anwendung der Elektricität zum Zünden von Sprengladungen und Minenöfen als eine der interessantesten zu betrachten. Sowohl zum Sprengen von Felsen, um Strassen anlegen zu können, oder Flüsse zu reguliren, zum Betriebe des Bergbaues, bei Arbeiten in Steinbrüchen etc., als auch bei Sprengungen, die zum Angriffe oder der Vertheidigung bei der Kriegführung an oder in Festungswerken, in Verschanzungen, bei Seegefechten etc. zweckdienlich sein müssen, hat man bis zur neueren Zeit die mechanischen Zündungs-Methoden benutzt, die, so sinnreich auch einzelne derselben sind, dennoch so viele Nachtheile besitzen, dass die Beseitigung der letzteren durch weitere Ausbildung dieser mechanischen Zündungs-Methoden kaum zu erlangen sein dürfte.

Diese Nachtheile, welche die älteren Zündungs-Methoden mit sich führen, wurden zwar von sachkundigen Männern schon in der gründlichsten Weise erörtert, und wir sagen daher nichts Neues, wenn wir die wichtigsten derselben hier wieder vorführen, ja wir müssen sogar in dieser Beziehung uns ganz und gar an die Erörterungen der Fachmänner halten, denen alle Erfahrungen zur Seite stehen, welche zur Beurtheilung eines derartigen rein praktischen Gegen-

standes zu Rathe gezogen werden müssen; allein wir halten es für unsere folgenden Betrachtungen für nothwendig, ehe wir auf diese eingehen, eine kurze Vergleichung der mechanischen und elektrischen Zündungs-Methoden vorzunehmen, um wenigstens im Allgemeinen, soweit dieses vom rein physikalischen Standpunkte aus zulässig ist, auf die Wichtigkeit des vorliegenden Gegenstandes die Aufmerksamkeit derjenigen hinzulenken, die sich häufig mit Sprengarbeiten zu beschäftigen haben, und denen eine weitere Gelegenheit zur Beseitigung jener Nachtheile sich nicht dargeboten hat.

Beiläufig sind es die folgenden Umstände, welche bei Sprengungen aller Art, sowohl für rein technische, als auch für rein militärische Zwecke die Nachtheile der älteren und mechanischen Zündungs-Methoden überhaupt ausmachen:

1. Bietet keine dieser Methoden diejenige Sicherheit, um im Voraus die zu erfolgende Sprengung verbürgen zu können, wenn nicht die Zündung unmittelbar nach der hiezu vorgenommenen Einrichtung sogleich ausgeführt wird.
2. Ist jede derselben mit grossen Gefahren für die Operateure, insbesondere für die dabei beschäftigten Arbeiter dadurch verbunden, dass die Explosion entweder früher erfolgt, als man dieselbe erwartet hat, oder zu einer Zeit stattfindet, in welcher dieselbe nicht mehr erwartet wird[2].
3. Kann ein fester Verschluss des Bohrloches oder Minenofens wegen der anzubringenden Zündungsvorrichtungen nicht vorgenommen werden, wenn man nicht Methoden in Anwendung bringen will, die entweder die Unsicherheit der Zündung oder die Gefahren erhöhen. Hierdurch wird aber einerseits die Wirkungsfähigkeit der Mine um ein Bedeutendes herabgesetzt, wenn man nicht die Pulverladung in entsprechender Weise erhöht, andererseits werden die Räume, welche mit der Mine in Verbindung stehen, mit den durch die Explosion erzeugten Gasen angefüllt, und so auf längere oder kürzere Zeit zum Aufenthalte untauglich gemacht.
4. Bei Sprengungen unter Wasser ist die Anwendung der gewöhnlichen Zündungs-Methoden nur mit den grössten Schwierigkeiten ausführbar, und ist die Sicherheit des Gelingens der Zündung ausserdem mehr oder weniger zweifelhaft.
5. Die Ausführung gleichzeitiger Zündungen ist streng genommen mittelst der mechanischen Verfahrungsweisen nicht ausführbar, und selbst für unmittelbar auf einander folgende Explosionen, wie sie unter Anwendung der aus Stopinen bestehenden Larivier'schen Zündwurst am sichersten vorgenommen werden kann, soll sie nach Aussage der Praktiker keine vollkommene Zuverlässigkeit darbieten.
6. Die Kosten der Herstellung einer Zündungs-Einrichtung nach den gewöhnlichen Methoden, sowie jene des zum Zünden erforderlichen Pulverquantums sind sehr bedeutend.
7. Die zur Ausführung einer Zündung nöthigen Vorbereitungen nehmen eine nicht unbedeutende Zeit in Anspruch, und erfordern bei gewöhnlichen Sprengungen zu viel Aufwand an Kräften.

Bei Sprengungen für Kriegszwecke kommen ausser diesen Umständen noch die in Rücksicht, dass unter Anwendung der dort gebräuchlichen mechanischen

Zündungs-Methoden nicht zu jeder beliebigen Zeit die Explosion ausgeführt werden kann, dass zuweilen eine Mine früher oder später spielt, als die Wirkung derselben eintreten soll, dass das Vorbereiten einer Minenzündung auf längere Zeit nur zum Theil vorgenommen werden kann, dass die Ausführung von Sprengungen von der Zündungs-Methode zu sehr abhängig gemacht ist etc. etc.

Diese Nachtheile werden durch die elektrischen Zündungs-Methoden zum grössten Theile ganz beseitiget, und es möchte daher zu erwarten sein, dass nicht bloss für alle Arbeiten, bei denen bis jetzt Sprengungen vorgenommen wurden, diese neuen Methoden zur Anwendung kommen werden, sondern auch, dass unter Benutzung dieser Mittel die Sprengarbeiten auch dann zur Ausführung kommen können, wo man bis jetzt dieselben aus einem oder dem anderen der in den vorhergehenden Erläuterungen enthaltenen Gründe vermeiden musste.

Was die Gefahren betrifft, die mit der Anwendung irgend einer der elektrischen Zündungs-Methoden verbunden sind, so können wir diese als gar nicht vorhanden betrachten, und wir können dieses nicht treffender darlegen, als wenn wir die eigenen Worte des amerikanischen Physikers Hare benutzen, der sich um die Anwendung dieser Methoden sehr verdient gemacht hat, und sich hierüber wie folgt ausspricht [3]:

„Da das Schiesspulver, indem es bei dieser Einrichtung in eine Röhre eingeschlossen ist, unmöglich durch einen allenfalls beim Einrammen erzeugten Funken entzündet werden kann, und da die Entzündung auf gar keine andere Weise als durch die galvanische Entladung bewirkt werden kann, so ist es unbegreiflich, wie bei dieser Sprengmethode ein Unglück geschehen kann, ausgenommen man will absichtlich einen Mord begehen, oder man lässt sich die unverzeihlichste Nachlässigkeit oder Unwissenheit zu Schulden kommen".

Ausserdem kann bemerkt werden, dass manche der Mittel, welche wir in dem vorliegenden Abschnitte besprechen, vor ihrer Anwendung zum Zünden, wie wir später sehen werden, dazu benutzt werden können, um sogar das Laden von Kriegsminen mit einer weit grösseren Sicherheit vorzunehmen, als diess bei dem gewöhnlichen Verfahren der Fall ist.

In Beziehung auf die Sicherheit, mit welcher eine Zündung auf elektrischem Wege und mittelst Volta'scher Ströme vorgenommen werden kann, mag vorläufig die Bemerkung ausreichen, dass jene hauptsächlich von der Sorgfalt, mit welcher die Zündung angelegt und eingerichtet wird, abhängig ist, von der Brauchbarkeit des Apparates aber in den meisten der vorkommenden Fälle unabhängig gemacht werden kann, und dass man sogar im Allgemeinen auch Mittel besitzt, um die Sicherheit, mit welcher die Zündung vor sich gehen wird, im Voraus mit Gewissheit beurtheilen zu können.

Da zum Anlegen einer Zündung auf elektrischem Wege nur eine Verbindung des Bohrloches oder Minenofens mit dem Zündapparate mittelst Drähten hergestellt werden muss, so erlaubt diese Zündungs-Methode die sorgfältigste Verdämmung, ja sogar die Herstellung eines nahezu luftdichten verschlossenen Raumes: es ist diess ein Umstand, der auf die Wirkungsfähigkeit der Explosion von dem grössten Einfluss ist, und der, wie leicht zu sehen, noch manchen

anderen als die vorher angegebenen Uebelstände der mechanischen Zündungs-Methode beseitiget, der aber ausserdem den wesentlichen Vortheil darbietet, die Besetzung des Bohrloches oder Minenofens in der sichersten und wirksamsten Weise vornehmen zu können.

Die Wirksamkeit der Explosion bei sorgfältig verdämmten Bohrlöchern hat sich durch vielfache Beispiele, wie sich auch erwarten liess, bewährt. So erhielt Lyon bei einer gleichzeitigen Sprengung von drei Bohrlöchern eine Masse Mauerwerk von 150 Tonnen (3000 Centner engl.) [4]. — Bei der zur Anlegung einer Eisenbahn vorgenommenen Sprengung des Round-Down-Felsens wurden mittelst 18000 Pfund (Adp.) Pulver und unter Anwendung von drei Volta'schen Batterien ungeheure Felsenmassen abgesprengt, indem nach einer beiläufigen Berechnung die abgelösten Kreidefelsen 291666 Kubik-Yards betrugen, wobei ein Kubik-Yard das Gewicht von 40 engl. Centnern hatte. Von diesen ungemein grossen Massen wurden 50000 Kubik-Yards behufs der Herstellung der Strassen weggeräumt, und hätte man diese Sprengung durch die Arbeiten auf gewöhnlichem Wege ersetzen wollen, so wäre nach Cubitt's Angabe hiezu eine Zeit von sechs Monaten nöthig gewesen, und die Kosten dieser Operation hätten mindestens 7000 Pfund Sterl. betragen [5].

In den Downhill-Tunnels der Londonderry- und Coleray-Eisenbahn betrug die Grösse der mittelst zweier Bohrlöcher und unter Anwendung einer aus 18 Daniell'schen Elementen zusammengesetzten Kette durch Entzündung von 3000 Pfund Pulver abgesprengten Masse beiläufig 30000 Tonnen (600000 Centner) [6]. Derartige Effecte können auf gewöhnlichem Wege nicht erlangt werden, ja es können sogar die Arbeiten dieser Art ohne bedeutenden Kostenaufwand gar nicht einmal durchgeführt werden.

Aus den bei der Ausgrabung des Hafens in Cherbourg vorgenommenen Sprengungen mittelst Elektricität, wo man mittelst dreien — nahezu — gleichzeitig gezündeten Minen fast 300000 Kubikmeter Felsen ablöste, ergab sich nach einer Berechnung von Dussand und Rabattu, dass die Wirkung der durch Elektricität entzündeten Minen sich zur Wirkung ähnlicher nach dem gewöhnlichen Verfahren entzündeter verhält, wie *6* zu *5*, also um ein Sechstheil grösser ist als diese [7].

§. 57. Die elektrischen Zündungs-Methoden im Allgemeinen.

Die Zündung von Pulverladungen durch elektrische Wirkungen wurde seit (etwa) der Mitte des vorigen Jahrhunderts schon oft vorgenommen; jedoch sind die älteren hierüber bekannt gewordenen Resultate so unvollständig, dass sich dieselben zur Beurtheilung der angewendeten Zündungs-Methoden nicht benutzen lassen [8]. In neuerer Zeit sind aber viele Versuche über die Anwendung der Elektricität, theils zum Felsensprengen, zum Sprengen in Steinbrüchen und unter Wasser, dann in Bergwerken; theils aber auch zum Zünden von Minenöfen für militärische Zwecke vorgenommen worden, welche zum Theil so vollständig zur Mittheilung gekommen sind, dass es einigermassen möglich sein dürfte zu beurtheilen, in wie weit es angeht, diese neuen Zündungs-Methoden

zum allgemeinen Gebrauche zu empfehlen, und welche derselben sich hiebei am vortheilhaftesten zeigen könnte.

Unter allen über diesen Gegenstand mir bekannt gewordenen Berichten besitzt aber kein einziger jene Vollständigkeit, um mit Sicherheit entnehmen zu können, welche der elektrischen und galvanischen Zündungs-Methoden für den praktischen Gebrauch den Vorzug verdienen dürfte. Für die Praxis ist aber gerade diese Frage von der grössten Wichtigkeit, indem in keinem einzigen Falle der Praktiker in den Stand gesetzt sein dürfte, selbst die Versuche in der Ausdehnung anstellen zu können, um von der Brauchbarkeit eines Apparates sich gehörig versichern, oder überhaupt entscheiden zu können, welche Methode für einen gegebenen Fall die vortheilhafteste ist.

Ausserdem kann wohl in den wenigsten Fällen, für welche die Zündung von Minenöfen als eine häufig vorkommende Arbeit anzusehen ist, angenommen werden, dass hiezu eine Sammlung von physikalischen Apparaten zur Verfügung stehe, welche es gestattet, diejenigen Instrumente auszuwählen, welche für eine beabsichtigte Sprengung am vortheilhaftesten erscheinen. Es ist vielmehr aus vielen Gründen für den praktischen Gebrauch eine unabweisbare Nothwendigkeit, einen bestimmten Apparat zu besitzen, dessen Einrichtung und Behandlung jedem Arbeiter leicht zugänglich ist, und der allen Bedingungen genügt, welche bei einer Zündung von Sprengladungen oder Minenöfen zu erfüllen sind.

Es gibt zwar einzelne Fälle, in welchen die Umstände so günstig sind, dass diese Frage für dieselben von keinem grossen Belange ist, aber diese Fälle stehen nur vereinzelt da und wiederholen sich höchst selten, oder sie sind nur als Versuche und Uebungen zu betrachten, die mit der Erörterung dieser Frage in keinem innigen Zusammenhange stehen.

So sind z. B. die grossen in England zur Anlegung von Schienenwegen ausgeführten Sprengungen, bei welchen bedeutende Volta'sche Batterien zur Ausführung der Arbeit benutzt werden mussten, ebenso wenig, wie jener Versuch, um von einem Ufer der Meerenge Canal la Manche (zwischen England und Frankreich) zum anderen ein Geschütz abzufeuern, wo man bekanntlich unter Benutzung der untersee'schen Telegraphenlinie eine Kupferzinkbatterie aus 240 Elementen zusammengesetzt, jedes zu 1 Quadratdecimeter Oberfläche anwendete, zur Entscheidung der Frage maassgebend: ob man für Sprengungen mit Vortheil der Zündung mittelst Volta'scher Ströme sich bedienen könne oder nicht.

Für diese und derartige Fragen überhaupt hat man sich zur gründlichen Beurtheilung und Beantwortung derselben lediglich die normalen Fälle, wie sie in der Praxis am häufigsten vorkommen, vor Augen zu stellen, und dabei den wichtigen Umstand zu berücksichtigen, dass überall, wo sich die Zündung von Minen als eine periodisch sich wiederholende Arbeit darstellt, die Zündapparate in der Art eingerichtet werden müssen, dass mit der Handhabung der letzteren sowohl, als auch mit der Ausführung der Zündung jeder Arbeiter, dem auch alle physikalischen Kenntnisse fehlen, vertraut gemacht werden kann.

Es ist daher als Hauptaufgabe des gegenwärtigen Abschnittes im Auge behalten worden: diejenigen Zündungs-Methoden, welche durch Anwendung von

elektrischen Apparaten ausgeführt werden können, und die zum Theil schon in der Praxis Eingang gefunden haben, vorzuführen, und so weit die Umstände diess gestatten, näher zu untersuchen, welche der bis jetzt benutzten und in Rede stehenden Zündungs-Methoden für die verschiedenen Fälle, wie sie in der Praxis vorkommen können, als die vortheilhaftesten angesehen werden dürfen.

Sieht man von den vereinzelten Vorschlägen, durch welche man beabsichtigte, die mechanische Zündung von Pulvermassen mittelst Anwendung von elektromagnetischen Apparaten u. dergl. zu erleichtern, ganz und gar ab [9], so lassen sich die bis jetzt zum Gebrauche gekommenen Methoden, auf elektrischem Wege das Zünden von Sprengladungen und Minenöfen vorzunehmen, in zwei Klassen zerlegen.

Zur ersten Klasse gehören jene Methoden, bei welchen das Zünden des Objectes durch einen oder durch eine Reihe elektrischer Funken bewerkstelliget wird, während zur zweiten Klasse jene Methoden gezählt werden dürfen, bei denen das Zündobject durch einen sogenannten Glühdraht in Explosion versetzt wird.

Bei den zur ersten Klasse gehörenden Methoden können angewendet werden:

1. Die Elektrisirmaschine ohne Verstärkungs-Apparat.
2. Die reibungselektrischen Apparate mit Ansammlungs- und Ladungs-Apparaten.
3. Die sogenannten elektromagnetischen — auch elektro-elektrischen, oder elektrodynamischen — Inductions-Apparate und die auch häufig unter dem Namen Ruhmkorff'sche Inductions-Apparate vorkommen, so genannt, weil Ruhmkorff, ein deutscher Mechaniker zu Paris, diese Art von Apparaten mit einem hohen Grade von Verstärkung construirte.
4. Die magnetoelektrischen Inductionsapparate mit uncommutirten Strömen.

Zur Ausführung von Zündungen nach den zur zweiten Klasse gehörigen Methoden verwendet man entweder Volta'sche Ketten, oder man benutzt hiefür magnetoelektrische Inductions-Apparate, die das sogenannte Commutiren der Ströme zulassen, die nämlich mit einer eigenthümlichen Vorrichtung versehen sind, um den im Inductor erzeugten, gleich und entgegengesetzt gerichteten Strömen beständig die gleiche Richtung zu verschaffen, wodurch diese Ströme nicht mit der Differenz, sondern mit der Summe ihrer Intensitäten zur Wirksamkeit kommen. — (Die Anwendung des durch Ladungsapparate erzeugten elektrischen Entladungsstromes, wie diess schon von Priestley zur Zündung von Minen versucht worden war [10], kann für die vorliegenden Zwecke nicht als praktisch ausführbar bezeichnet werden, da dieselbe selbst bei mässigen Distanzen des Minenofens vom Heerde grosse Apparate, starke Ladungen, bedeutende Leitungsfähigkeit der Schliessungsdrähte etc. etc. und überhaupt Umstände erfordern würde, die der technischen Praxis nicht angemessen sind.)

Diese beiden Klassen der Zündungs-Verfahren unterscheiden sich also wesentlich dadurch von einander, dass bei jenen der zweiten Klasse der Schliessungsbogen ein ununterbrochener ist, und diejenige Stelle, an welcher die Explosion erfolgen soll, aus einem feinen Stahl- oder Platindraht besteht, während bei den zur ersten Klasse gehörenden Methoden die Kette nicht geschlossen

sein darf, sondern an der Stelle, wo die Explosion statt haben muss, eine kleine Lücke von etwa $^1/_2$ bis 1 Linie enthält, um welche die Schliessungsdrähte in dem Zündobjecte von einander entfernt bleiben müssen, wenn die Zündung eintreten soll. — Der Hauptunterschied zwischen diesen beiden Zündungs-Verfahren liegt also in der Einrichtung der Patrone; bei jenem bewirkt das durch einen andauernden hydro- oder magnetoelektrischen Strom erzeugte Glühen des Zünddrahtes, bei diesem aber erzeugt entweder *ein* intensiver Funke oder eine Reihe von sogenannten Oeffnungs- und Schliessungsfunken die Explosion des Zünders.

Schon hieraus möchte einstweilen die Folgerung gezogen werden dürfen, dass die Zündungs-Methoden der zweiten Klasse einen höheren Grad der Vollkommenheit und Sicherheit ansprechen dürfen, als jene der ersten Klasse, welche Folgerung übrigens auch noch durch die Umstände wesentlich unterstützt wird, dass man bei den Patronen der zweiten Klasse sich jeden Augenblick bestimmt überzeugen kann, *wie* das Glühen des Zünddrahtes in der Patrone vor sich gehen wird, ferner wie die Patrone bezüglich ihrer Explosionsfähigkeit beschaffen ist, während derlei sichere Prüfungsmethoden für die Zündobjecte der ersten Klasse nicht vorhanden sind, und nur in unvollkommener Weise unter Anwendung von Volta'schen Batterien vorgenommen werden können. Aber die Rücksichten für Bequemlichkeit in der Handhabung, für die Instandsetzung des Zündapparates, für die Transportfähigkeit, etc. etc. haben insbesondere für den Kriegsgebrauch die Anwendung der Volta'schen Ketten in der neuesten Zeit in den Hintergrund gestellt, und man hat daher, namentlich für den Gebrauch im Feld, und überall, wo nur passagere Leitungen vorkommen, der Anwendung der Methoden der ersten Klasse entschieden den Vorzug eingeräumt. In wie weit nun derartige Maassnahmen als gerechtfertiget erscheinen können, darüber soll durch die in diesem Abschnitte vorkommenden Erörterungen den gehörigen Aufschluss zu geben versucht werden.

Im Folgenden sollen nunmehr die bis jetzt zur Anwendung gekommenen elektrischen Apparate, in so weit über dieselben Näheres bekannt geworden ist, vorgeführt und die Benutzung derselben zur Ausführung von Sprengungen in so weit betrachtet werden, als diess zur näheren Kenntniss der ganzen Verfahrungsweise, eine Minenzündung anzulegen, erforderlich ist. Die verschiedenen Methoden sollen in nachstehender Ordnung ihre Betrachtung finden:

Zündung mittelst des elektrischen Entladungsfunkens (unter Anwendung der Elektrisirmaschine mit Ladungsapparat).

Zündung mittelst eines durch den Strom einer hydroelektrischen (Volta'schen) Batterie in den glühenden Zustand versetzten Drahtes.

Zündung mittelst des Inductionsfunkens eines elektrodynamischen (Inductions-) Apparates.

Zündung mittelst der Wärmewirkungen eines magneto-elektrischen Stromes.

Das vorliegende Kapitel soll nunmehr nach den vorstehenden einleitenden Erörterungen der näheren Betrachtung der

Zündung mittelst des elektrischen Entladungsfunkens gewidmet werden.

(Bei dieser Gelegenheit mag die Bemerkung nicht überflüssig sein, dass wenn wir die in Rede stehenden Zündungs-Methoden der Kürze halber mit dem Ausdrucke „elektrische Zündungs-Methoden“ bezeichnen, damit nicht erklärt werden soll, dass wir jede dieser Zündungen selbst als eine „elektrische“ in der engsten Bedeutung dieses Wortes ansehen wollen; es ist vielmehr aus dem Obigen (S. 297) deutlich zu ersehen, dass wir zwei wesentlich von einander verschiedene Klassen von Zündungverfahren schon von vorneherein zu unterscheiden für nothwendig erachtet haben, und so möchten also weitere Interpretationen der von uns der Kürze halber gewählten Ausdrücke nicht möglich sein.)

§. 58. Die Hauptbestandtheile der Zündungs-Einrichtung.

Die Zündung einer Sprengladung oder eines Minenofens durch den elektrischen Entladungsfunken kann man entweder mit alleiniger Benutzung einer zweckmässig eingerichteten Elektrisirmaschine, oder mit Hülfe der letzteren, die mit einer Leydener Flasche zu einem elektrischen Apparat verbunden wird, ausführen.

Um mit alleiniger Benutzung der Elektrisirmaschine eine Zündung vorzunehmen, lässt man sowohl von dem negativen, als auch von dem positiven Conductor einen Metalldraht, der die hinreichende Festigkeit gegen Traction und die ausreichende Leitungsfähigkeit besitzt, ausgehen, führt diese Drähte isolirt von einander so, dass der mit dem positiven Conductor verbundene mit dem Erdboden in keiner Weise in leitender Berührung steht, bis zum Bohrloche oder zum Minenofen, überhaupt bis zu jener Stelle, an welcher die Pulverladung eingelegt werden soll. In das Bohrloch oder in den Minenofen wird innerhalb der Pulverladung eine Patrone gebracht, die mit einem durch den elektrischen Funken leicht entzündlichen und explodirbaren Zündsatz angefüllt ist, in welchem die sehr nahe einander gegenüberstehenden Enden zweier Metalldrähte sich befinden, die unter sich vollständig isolirt bleiben, und ausserhalb der Patrone noch bis zu einer angemessenen Länge hervorragen.

Das äussere Ende jedes dieser beiden Patronendrähte wird nun in feste und leitende Verbindung mit einem der vorhin genannten Leitungsdrähte gebracht, eine sorgfältige Isolirung der Stücke der Leitungsdrähte, die mit der Patrone im Minenofen oder im Bohrloche sich befinden, bewerkstelliget, und hierauf die Besetzung und Verdämmung in passender Weise, aber so vorgenommen, dass jede Oeffnung in der Nähe des Ofens vermieden wird.

Wird nun die Elektrisirmaschine in Thätigkeit versetzt, so erfolgt, wenn die Zündung sorgfältig angelegt wurde, in demselben Augenblicke die Explosion der eingesetzten Patrone, in welchem die Drehung des elektrischen Erregers der Maschine vorgenommen wird. Da aber durch die Zündung jener Patrone auch die sie umgebende Pulvermasse in Flamme versetzt werden muss, so wird also die beabsichtigte Sprengung auf diese Weise vor sich gehen.

Da aber dieses Verfahren, mit alleiniger Anwendung der Elektrisirmaschine die Zündung vorzunehmen, unter sonst gleichen und günstigen Umständen, selbst für technische Zwecke nur dann mit Vortheil benutzt werden kann, wenn die Distanz des Heerdes von dem Bohrloche oder dem Minenofen nur eine geringe ist, so hat dasselbe bis jetzt meines Wissens eine ausgedehnte Anwendung nicht gefunden [11].

In den meisten Fällen, die bis jetzt aus der Praxis bekannt geworden sind, hat man nicht unmittelbar die Zündung mittelst des elektrischen Funkens bewerkstelliget, sondern man hat hiefür den Entladungsfunken eines mit der Elektrisirmaschine verbundenen einfachen Ladungsapparates benutzt.

Bei der Zündung mittelst verstärkter Elektricität wird die Leitung, etc. in derselben Weise angelegt, wie diess eben erwähnt wurde; jedoch wird man hiebei, vorausgesetzt, dass das innere Belege der Flasche (oder des Ladungsapparates überhaupt) mit positiver Elektricität geladen wird, den einen Leitungsdraht nicht vom positiven Conductor der Maschine, sondern von einer Stelle ausgehen lassen, die in dem Augenblicke, in welchem die Zündung erfolgen soll, in leitende Verbindung mit dem inneren Belege der Flasche etc. gebracht werden kann; der andere Leitungsdraht geht, wie vorher, von dem negativen Conductor der Maschine, nämlich von dem Reibzeuge aus. Man ersieht aus diesen Erörterungen, dass zur Herstellung einer elektrischen Zündungs-Einrichtung die folgenden Bestandtheile erforderlich und ausreichend sind:

1. Ein zweckmässig eingerichteter Zündapparat.
2. Eine in geeigneter Weise angelegte Leitung.
3. Eine brauchbare Patrone als Zünder.

§. 59. Anordnung und Einrichtung des elektrischen Zündapparates im Allgemeinen und Anforderungen an denselben.

Ein elektrischer Zündapparat ist, wenn derselbe für praktische Zwecke angewendet werden soll, aus folgenden Theilen zusammenzusetzen:

1. Dem Erreger der Elektricität,
2. dem damit verbundenen Ladungsapparat,
3. einer Vorrichtung, um den Zustand des Apparates in Bezug auf die elektrischen Wirkungen, die man erwartet, im Allgemeinen beurtheilen zu können,
4. aus einfachen Vorrichtungen, um den ganzen Apparat leicht transportabel zu machen, und die ausserdem so ausgestattet sind, damit sie demselben zum Schutz gegen äussere Einflüsse dienen, und die zugleich gestatten, die Verbindung derselben mit den Leitungsstrecken auf eine einfache Weise herzustellen, und die endlich zulassen, die Zündung selbst sicher zu jedem hiefür bestimmten Zeitpunkte ausführen zu können.

Ueber die Anordnung des Erregers für den elektrischen Zündapparat werden wir in den nächsten Paragraphen das Nöthige erläutern, und ebenso soll dann die Einrichtung des Ladungsapparates, wofür wir die Principien schon bei einer früheren Gelegenheit (S. 5, 13, 17) angeführt haben, in so weit noch-

mals zur Erwähnung kommen, als diess für die Construction von Zündapparaten als nothwendig erscheint. — Die unter 3. und 4. angedeuteten Bestandtheile eines elektrischen Zündapparates aber sollen bei jenen Gelegenheiten beschrieben werden, wo von der Einrichtung wirklich ausgeführter Zündapparate die Rede sein wird.

Was die Anforderungen an einen elektrischen Zündapparat betrifft, so richten sich diese insbesondere nach dem speciellen Zweck, für welchen die Zündung ausgeführt werden soll, und nach den Umständen, welche bei einer statthabenden Sprengung sich darbieten. Es lassen sich daher diese Anforderungen auch so lange nicht fixiren, bis man auf alle Elemente, die hiefür bekannt sein müssen, Rücksicht nehmen kann. Im Allgemeinen kann man sagen, dass ein für technische und militärische Zwecke brauchbarer Zündapparat so eingerichtet sein muss, dass seine sichere Behandlung und Anwendungsweise ebenso leicht von den betreffenden Arbeitern eingeübt werden kann, als der Gebrauch eines Werkzeuges oder einer einfachen Schiesswaffe. Einfachheit der Ausstattung, möglichst geringe Ausdehnung, Transportabilität, in manchen Fällen auch geringer Aufwand an Anschaffungs- und Unterhaltungskosten, Sicherheit des beabsichtigten Erfolges in seinen Leistungen, Unabhängigkeit von besonderen Anordnungen, etc. etc. sind beiläufig die bedingenden Elemente, denen der Zündapparat Genüge leisten soll.

§. 60. Ueber die Erreger der Reibungs-Elektricität im Allgemeinen.

Zu den ergiebigsten Erregungsquellen der Elektricität gehört die Reibung, und zwar die sogenannte gleitende Reibung, und diese Quelle ist es auch, die wir für die in Rede stehenden Apparate benutzen wollen, um elektrisirte Körper herzustellen.

Werden irgend zwei Körper an einander gerieben, so wird auf dem einen positive, an der Oberfläche des anderen aber negative Elektricität frei. Diese Erscheinung tritt sogar bei gleichartigen Körpern ein, und man hat nur in wenigen Fällen, und selbst bei diesen nicht in ganz sicherer Weise gefunden, dass die Oberflächen der beiden an einander geriebenen Körper gleichartig elektrisirt worden sind.

Soll aber die an dem einen oder dem anderen Körper durch Reiben erregte Elektricität zur Wahrnehmung gebracht werden können, so muss derselbe während des Vorganges isolirt werden, und muss sich während dieser Zeit in einem vollkommenen isolirten Raume befinden (s. S. 4).

Schon in früheren Zeiten hat man es versucht, die verschiedenartigen dem Experimente unterworfenen Körper so in eine Reihe zu ordnen, dass man aus der Stellung des Körpers in dieser Reihe die Beschaffenheit der an ihm erregten Elektricität erkennen kann, wenn er mit irgend einem voranstehenden oder ihm nachfolgenden Gliede der Reihe gerieben wird. Solche Reihen sind aber nur dann von bestimmtem Werthe, wenn man die Umstände ganz genau berücksichtiget, unter welchen dieselben durch den Versuch erhalten worden sind, da die Beschaffenheit der durch Reibung erregten Elektricität von jenen ganz und gar abhängig ist.

Auf die Art der durch gegenseitiges Reiben zweier Körper erregten Elektricität wirken nämlich bestimmend ein: die Natur der Körper, die Beschaffenheit ihrer Oberflächen vor und während des Reibens, ihr Wärmezustand sowohl, wie der der Umgebung, die Art und Weise des Reibens selbst, etc. etc. Es lässt sich daher nur für wenige Fälle sicher angeben, welches der Erfolg des Reibens bezüglich der hiebei erregten Elektricitätsart sein wird, da es äusserst schwer hält, bei allen Experimenten jedesmal die gleichen Umstände zu treffen, und diese während des Versuches zu erhalten.

Ausserdem ist es auch nicht in allen Fällen so leicht durch den Versuch zu bestimmen, von welcher Beschaffenheit die an einem Körper durch Reibung erzeugte Elektricität ist. Wenn wir die Oberfläche zweier Körper *A* und *B* aneinanderreiben, und wollen uns von der Art der an *A* erregten Elektricität überzeugen, so muss vor allem diejenige Stelle von *A*, an welcher die Elektricität auftreten soll, im bestisolirten Zustande sich befinden. Setzen wir nun voraus, dass *A* ebenso stark positiv elektrisch werde, als *B* an der zugewendeten Seite dabei negativ elektrisch wird, so werden wir nur dann den Körper *A* im elektrisirten Zustande erhalten, wenn die Dauer der Reibung äusserst kurz war, da bei endlicher Dauer der Reibung die Ausgleichung der hiebei erregten Elektricitäten wieder vor sich gehen wird, selbst wenn man den Körper *B* im nicht isolirten Zustande erhält. — Es scheint mir übrigens noch gar nicht ausgemacht zu sein, dass wenn durch Reiben zweier Körper *A* und *B* an jenem z. B. die Elektricitätsmenge $+e$ frei wird, an dem Körper *B* zugleich die Menge $-e$ frei werden müsse. Würden nun bei einer solchen Erregungsart nicht in jedem Momente der Reibung die gleichen Mengen entgegengesetzter Elektricitäten an beiden Körpern frei werden, so würde auch der Erfolg des Vorganges, sobald *A* von *B* getrennt wird, unter verschiedenen Umständen sehr verschieden ausfallen können, selbst wenn die Oberflächenbeschaffenheit, Temperatur etc. etc. sich gleich geblieben wären.

Mag nun der so eben angeregte Zweifel irgend welchen Werth haben, so ist man nach dem im Vorstehenden Erwähnten dennoch immer zu behaupten berechtiget, dass diese Stellen der Lehre von der Reibungs-Elektricität, welche uns über die elektrischen Spannungsreihen Aufschluss geben sollen, noch so dunkel und lückenhaft sind, dass wir nicht ohne die gehörige Vorsicht von allen hierüber aufgestellten und aufgefundenen Thatsachen Gebrauch machen dürfen.

Zu den ältesten bezüglich der durch Reibung frei werdenden Elektricitäten aufgestellten sogenannten elektrischen Spannungsreihen, wie sie nach den Versuchen Cavallo's, Lichtenberg's u. A. sich ergeben haben, gehört die in der nachstehenden Tabelle enthaltene [12], in welcher wir den Körper, an dem die Art der Elektricität untersucht worden ist, den geriebenen, den anderen aber den Reiber nennen wollen:

A. Geriebener Körper.	B. Reiber.	Art der an A erregten Elektricität.
Polirtes Glas.	Mattgeschliffenes Glas. Harz. Lack. Schwefel. Wolle. Holz. Porzellan. Papier. Federn. Seide. Wachs. Metalle.	+ E.
Polirtes Glas.	Katzenfell. Pelz der Raubthiere überhaupt. Struppiges Menschenhaar.	— E.
Mattgeschliffenes Glas.	Glattes Glas. Lack. Wolle. Holz. Papier. Federn. Wachs. Die Hand.	— E.
Mattgeschliffenes Glas.	Schwefel. Seide. Metalle. Wachstaft.	+ E.
Harz.	Wolle. Haare.	— E.
Harz.	Metalle.	+ E.
Siegellack.	Polirtes Glas. Wolle. Papier. Haare. Leder.	— E.
Siegellack.	Mattgeschliffenes Glas. Schwefel. Metalle.	+ E.
Schwefel.	Polirtes Glas. Mattes Glas. Lack. Holz. Papier. Federn. Wachs. Die Hand.	— E.
Wolle.	Polirtes Glas. Katzenfell.	— E.
Wolle.	Mattes Glas. Harz. Lack. Holz.	+ E.
Holz.	Polirtes Glas. Wolle. Haare.	— E.
Holz.	Mattes Glas. Schwefel. Seide.	+ E.
Papier.	Polirtes Glas. Wolle. Haare.	— E.
Papier.	Mattes Glas. Schwefel. Lack.	+ E.
Seide ohne Rücksicht auf die Farbe.	Polirtes Glas. Mattes Glas. Holz. Haare.	— E.
Seide (ebenso).	Goldpapier.	+ E.
Weisse Seide.	Schwarze Seide. Metalle. Schwarzes Tuch.	+ E.
Weisse Seide.	Papier. Die Hand. Haare.	— E.
Schwarze Seide.	Haare. Metalle. Die Hand. Weisse Seide.	— E.
Metalle.	Polirtes Glas. Mattgeschliffenes Glas. Haare. Weisse Seide. Harz.	— E.

Es muss jedoch bemerkt werden, dass die Art der Reibung bei den Versuchen nicht gleichgültig ist, und dass daher bei denselben Körpern der geriebene zuweilen positiv, zuweilen aber negativ erregt werden kann. Ebenso können die Oberflächen während der Elektricitätserregung derartige Aenderungen erfahren, dass zu Ende des Versuches der Erfolg ein anderer, wie am Anfange ist [13].

Nach Riess [14] sind bei den in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Resultaten entweder gar keine Abweichungen oder diese nur selten zu befürchten, und es ist die Rubrik als sicher bezeichnet, wo eine Abweichung nicht bekannt geworden war. Es wird angenommen, dass ein Stoff der ersten Spalte mit einem der zugehörigen zweiten gerieben werde, und dann wird:

Positiv elektrisch.	Negativ elektrisch.
Pelz der Raubthiere. Struppiges Menschenhaar.	Glas. Porzellan. Holz. Metalle. Harze. Schwefel.
Glas.	Zinn. Zink. Amalgam auf Leder (sicher).
Pelz. Wolle. Leinen. Seide. Papier. Metalle.	Colophon. Siegellack. Schwefel. Schellack. Bernstein (sicher).
Diamant. Topas. Axinit. Bergkrystall. Kalkspath. Glimmer. Polirtes Glas.	Wolle. Leinen. Seide. Leder.
Glas. Seide.	Metalle.

Unter den im Vorhergehenden erwähnten Materialien hat das Glas in Form von Röhren, Platten und hohlen Cylindern die häufigste Anwendung als Erreger der Elektricität gefunden, wobei es stets mit einem hiefür geeigneten Amalgam, dieses als Ueberzug für den Reiber benutzt, in den positiv elektrischen Zustand versetzt wird. — Wird das Glas mit anderen Materialien gerieben, so können zuweilen Umstände eintreten, in welchen es unentschieden bleibt, welche Elektricitätsart das Glas hiebei annimmt. Insbesondere kann die Art der Reibung hiebei Anomalien erzeugen, die nicht genug aufgehellt sind, um sie hier zur Erörterung bringen zu können. — Ferner scheint es, dass eine temporäre Erhitzung eine Oberflächenänderung des Glases herbeiführen kann, welche die Art der an ihm durch einen und denselben Reiber erregten Elektricität zu ändern vermag. Eine ausgedehnte Untersuchung hierüber, jedoch nur mit Glasstäben, ist von Heintz [15] vorgenommen worden. Heintz fand, dass ein Glasstab, der mit Tuch gerieben, positiv elektrisch erregt wurde, wenn man ihn in der Nähe einer Spiritusflamme etwas erwärmt, selbst nach stattgehabter Abkühlung nunmehr durch Reiben mit Tuch negativ elektrisch, und dass erst durch längeres Reiben die Oberflächenbeschaffenheit des Glases wieder von der Art wird, dass die negative Elektricität der positiven weicht.

Ausser dem Glase möchten für praktische Anwendungen noch die Harze, insbesondere jene, die man zur Anfertigung von Elektrophoren benutzt, Beachtung verdienen, und endlich dürfte der Kautschuk, vielleicht auch die Guttapercha für derartige Zwecke erwähnt werden. Der Kautschuk, dessen grosse Elasticität in seinem gewöhnlichen Zustande bekannt ist, soll bei jeder Formänderung, sobald er wieder auf sein früheres Volumen zurückgeht, negativ elektrisch werden. Aehnliches Verhalten soll der sogenannte vulkanisirte Kautschuk zeigen. Durch Reiben mit der Hand, mit Papier, Wolle, den Metallen wird der Kautschuk negativ, mit Siegellack und Schwefel positiv elektrisch erregt [16]. Die an dem gewöhnlichen Kautschuk erregte Elektricität ist aber nicht von der Intensität, dass man von diesem Materiale für elektrische Erreger weitere Anwendungen bis jetzt zu machen versucht hat. Hingegen scheint der Hartkautschuk, die sogenannte Kammmasse, deren Isolationsfähigkeit weit grösser ist, als die des gewöhnlichen Kautschuk, ein für die in Rede stehenden Zwecke taugliches Material zu sein, und dürfte vielleicht in manchen Fällen dem Glase nicht bloss seiner grösseren Festigkeit halber, sondern auch aus dem Umstande vorzuziehen sein, weil er die in der Atmosphäre enthaltene Feuchtigkeit an seiner Oberfläche nicht so rasch verdichtet, wie dieses. Eine Scheibe aus Hartkautschuk von etwa 1 Fuss Durchmesser und gegen 2 Linien Dicke hatte ich schon vor längerer Zeit

Gelegenheit, bezüglich ihrer Tauglichkeit als Elektricitätserreger zu untersuchen. Diese Scheibe war sehr schön polirt, und so hart, ohne spröde zu sein, dass sie mehr Aehnlichkeit mit dem Holze, als mit Kautschuk hatte, indem sie diese Härte und ihren Glanz bei allen Temperaturänderungen, innerhalb welchen sie den Versuchen unterzogen wurde, lange Zeit beibehielt. Mittelst eines (sehr mangelhaften) Modelles, welches ich nach Art der gewöhnlichen Scheibenmaschinen aus jener Kautschukscheibe anfertigte, stellte ich die Versuche an letzterer an. Mit Flanell sowohl, sowie mit Pelzwerk (aber nicht gegen die Haare) gerieben, wurde die Scheibe positiv elektrisch angeregt, jedoch war der Elektricitätsgrad im letzteren Falle stärker wie im ersteren; ferner war unter sonst gleichen Umständen die an jener Kautschukscheibe durch Reiben mit Pelzwerk erregte Elektricitätsmenge so gross, als die an einer Glasscheibe durch Reiben mit amalgamirtem Leder erhaltene. Es wurden dabei grossentheils nur fein- und kurzhaarige Pelzstücke (die über einem Holzrahmen ausgespannt waren) verwendet; jedoch erschien mir für die Dauer dieses Material als Reiber angewendet, nicht tauglich genug. Am tauglichsten hiefür soll das gewöhnliche bei Glasscheiben verwendete Reibzeug sein, und ich werde daher unten das Weitere, was mir hierüber bekannt geworden ist, mittheilen.

Die Guttapercha, einer der besten Isolatoren der Elektricität, so lange sie die für die vorliegenden Zwecke erhaltene Form beibehält, wird fast mit irgend einem Körper gerieben stets negativ elektrisch. Da wir ihre näheren Eigenschaften später zu besprechen Gelegenheit haben werden, so bemerken wir hier bloss, dass sie der Eigenschaft halber ihre Oberflächenbeschaffenheit, wenn sie der Atmosphäre, selbst im trockenen Zustande ausgesetzt bleibt, sehr leicht und zwar wesentlich ändert, und deshalb weder zur Anfertigung von Elektrophoren, noch für Elektrisirmaschinen, die für praktische Zwecke bestimmt sind, sich eignet. Ihr Verhalten als Elektricitäterreger sowie ihre Benutzung für reibungselektrische Zwecke ist von Faraday näher beschrieben worden [17], und es ist auch in dem letzten Jahrzehente von diesem wichtigen Materiale vielfacher Gebrauch gemacht worden. —

Ausser den genannten Materialien dürfte noch das sogenannte elektrische Papier, das nach Pelouze [18] durch Einwirkung von concentrirter Salpetersäure auf gewöhnliches Papier, und nach Schönbein entweder mittelst concentrirter rauchender Salpetersäure, oder mit einer Mischung aus dieser und concentrirter Schwefelsäure zubereitet wird, erwähnt werden. Seiner ausgezeichneten elektrischen Eigenschaften halber — es wird mit Ausnahme der Schiesswolle mit jeder Substanz gerieben, negativ elektrisch — wurde es schon vor längerer Zeit zur Anfertigung von Elektrisirmaschinen und Elektrophoren empfohlen, und soll insbesondere deshalb, weil es die hygroskopischen Eigenschaften des gewöhnlichen Papieres nicht besitzt, einen besonderen Grad von Tauglichkeit für elektrische Apparate haben [19].

§. 61. Ueber den Erreger der Elektricität bei elektrischen Zündapparaten.

Wenn wir die im vorigen Paragraphen angeführten Thatsachen ins Auge fassen, so ergibt sich sogleich, dass zur Erzeugung von Reibungs-Elektricität

die verschiedenartigsten Materialien sich benutzen und die mannigfaltigsten Apparate construiren lassen.

Glas- und Porzellanröhren als Elektricitätserreger.

Die einfachste Vorrichtung für solche Zwecke ist eine lange Röhre aus glattem, polirtem Glase, die mit einem geeigneten Reiber angeregt wird. Diese Vorrichtung wurde lange Zeit von den älteren Physikern benutzt, um bedeutende Elektricitätsmengen an isolirten Leitern anzusammeln. Die Unbequemlichkeit in der Handhabung so langer Glasröhren, wie sie in früheren Zeiten angewendet wurden, ihre leichte Zerbrechlichkeit, die Unsicherheit der Wirkungen und noch viele andere Unbequemlichkeiten und Nachtheile können ihren Gebrauch höchstens noch auf elektrische Versuche in Laboratorien beschränken.

Uebrigens kann nicht unterlassen werden, hier anzuführen, dass man selbst für die in Rede stehenden Zwecke zuweilen nicht ohne Vortheil solcher einfacher Vorrichtungen sich bedienen kann. Es ist diess z. B. da der Fall, wo man in nicht grossen Distanzen das Zünden einer leicht explodirbaren Pulvermasse zu Behufe des Sprengens von grossen Steinen, oder zum Sprengen in Steinbrüchen vornehmen will. Da es in solchen Fällen nicht darauf ankömmt, mit welcher Bestimmtheit der Erfolg vor sich geht, sondern im Allgemeinen gleichgültig ist, ob schon beim ersten Versuche oder ob erst bei mehrmaliger Wiederholung desselben das Sprengen gelingt, und da ferner in derartigen Fällen die Vorbereitungen für die Sprengarbeit nur geringfügig sind, so dürfte es von Vortheil sein, auch hier anstatt des gewöhnlichen Sprengverfahrens das elektrische anzuwenden, und als Elektricitätserreger entweder eine Glasröhre oder eine Porzellanröhre zu benutzen.

Bunsen erwähnt in seinen „gasometrischen Methoden" auf S. 50 eines derartigen Verfahrens, mittelst welchem er unter sonst ungünstigen Umständen das Entzünden eines Gasgemenges durch den elektrischen Funken sicher vorgenommen hat, und dieses Verfahren möchte auch wirklich für Zündzwecke im Kleinen, wie sie eben erwähnt wurden, eine günstige Anwendung finden können, und so die bedeutenden Gefahren und Beschädigungen, die beim Sprengen in Steinbrüchen so vielfach sich wiederholen, auf einmal beseitigen. Bunsen empfiehlt nämlich als Elektricitätserreger die Anwendung einer Porzellanröhre von 2 Fuss Länge und etwa 1 $1/2$ Zoll Weite, die mit einem Stücke dicken, am besten gewirkten Seidenzeug, das zur Hälfte mit Amalgam zu diesem Zwecke bedeckt wird, zur Hälfte aber frei bleibt. Das von ihm hiefür verwendete Amalgam bereitet Bunsen auf folgende Art: Man erhitzt zwei Theile Quecksilber in einem gewöhnlichen Probirgläschen und löst darin unter stetem Umrühren einen Theil dünnes Zinkblech und einen Theil Stanniol auf. Das erhaltene Amalgam wird noch, um es geschmeidiger zu machen, sechs bis acht Mal unter stetem Umrühren umgeschmolzen. Die ausgezeichnete Wirksamkeit dieses Amalgams soll gewöhnlich nach einiger Zeit eintreten, und dann Monate lang sich unverändert erhalten. Beim Reiben der Porzellanröhre legt man das Seidenzeug so um dieselbe, dass die reibende Seidenfläche nur zur Hälfte mit Amalgam bedeckt ist, zur Hälfte frei bleibt, und lässt die hiebei erregte Elektricität auf den Knopf

des inneren Beleges einer kleinen Leydener Flasche übergehen, deren Entladungsfunke sodann zum Zünden verwendet werden kann. (In Ermangelung jenes Amalgams kann man sich eines Stückes dicken, mehrfach über einander gelegten Flanells mit Vortheil bedienen.)

Das Elektrophor.

Als eine weitere einfache Vorrichtung zur Erregung von Elektricität durch Reibung oder vielmehr durch rasches Schlagen von Tuch oder Pelzwerk gegen harzartige Isolatoren muss das Elektrophor betrachtet werden.

Denkt man sich eine auf beiden Seiten ebene dünne cylindrische und möglichst glatte Platte aus Schellack oder irgend einem anderen harzartigen Isolator, und dieselbe mit ihrer einen Grundfläche auf eine gleichfalls ebene, mindestens ebenso grosse und nicht isolirte Metallplatte gelegt, ihre obere Grundfläche aber durch eine mit isolirten Handgriffen — etwa mit einem in der Mitte aufgesetzten überfirnissten Glasstab, oder mit Seidenschnüren versehen, die das isolirte Abheben zulassen — versehene, an den Rändern gut abgerundete Metallplatte bedeckt, so dass die untere Fläche dieser und die obere der Harzplatte in allen Punkten einander berühren, also beide eben und parallel sind, so hat man einen Apparat, der mit dem Namen **Elektrophor** bezeichnet wird, und zwar wahrscheinlich deshalb, weil derselbe, wenn er in gehöriger Weise angefertiget und in gutem Zustande erhalten bleibt, sehr lange Zeit seine Elektricität behält, wenn er nur einmal durch Reiben etc. in den elektrischen Zustand versetzt worden ist. Die untere nicht isolirte metallische Grundfläche kann man die **Basis** des Elektrophors nennen, sie kann auch die **Form**, auch **Schüssel** heissen, insoferne als der Harzkuchen gewöhnlich in derselben liegt, und bei seiner Anfertigung die innere Gestalt jener hohlen cylindrischen Fläche annimmt; die obere Metallplatte wird der **Deckel**, auch **Schild** des Elektrophors, oder der Conductor, die Harzplatte aber gewöhnlich der **Kuchen** genannt. Wird die obere Fläche der Harzplatte — der Kuchen nämlich — mit Tuch oder Pelzwerk rasch gerieben, oder, was ergiebiger ist, mittelst eines langhaarigen Felles oder Schweifes rasch gepeitscht, so wird dieselbe negativ elektrisch erregt, und bietet sodann eine selbständige Elektricitätsquelle, die durch Influenz (S. 5 u. f.) auf andere metallische und isolirte Leiter einwirken kann, und welch' letztere sodann durch Mittheilung (S. 2) ihre Elektricität abgeben können. Setzt man nämlich auf die elektrisirte Fläche des Kuchens den Schild, so kann man, wenn man nach kürzerer oder längerer Berührung mit der Harzfläche denselben parallel zur letzteren und mittelst des isolirenden Griffes etc. rasch abhebt, keine Elektricität an demselben wahrnehmen, wenn man ihn in die Nähe eines einfachen Elektroskopes (wofür ein an einfachen Coconfäden mittelst eines isolirenden Gestelles aufgehängtes Hollundermark-Kugelpaar dienen kann) bringt, vorausgesetzt, dass die den Apparat umgebende Luft nicht feucht ist, und dass diese, sowie die ganze Umgebung des Apparates gut isolirt (S. 4). Berührt man aber vor dem Abheben des Schildes den letzteren mit dem Finger oder überhaupt mit irgend einem nicht isolirten Leiter, so findet man, dass derselbe nach dem Abheben positiv elektrisirt ist. Der Schild des Elektrophors verdankt

also seinen freien elektrischen Zustand denselben Vorgängen, wie sie früher (§. 4) zur Erörterung kamen. Auf ähnliche Weise, wie der Schild, wird auch die Basis, die metallische Form nämlich, in den elektrischen Zustand versetzt. Jedoch wollen wir auf eine theoretische Untersuchung des Elektrophors nicht eingehen, sondern uns nur mit der alleinigen Bemerkung begnügen, dass wir die Vorgänge an einem elektrisirten Elektrophor als gar nicht verschieden von denen bei einem anderen einfachen Ladungsapparate, z. B. an einer Franklin'schen Tafel oder einer Leydener Flasche ansehen, und zwar um so mehr, als man das Laden des Elektrophors ganz in derselben und sogar noch in ergiebigerer Weise wie das einer Leydener Flasche vornehmen kann, dass unter diesen Umständen dasselbe auch auf längere Zeit geladen bleibt, und dass, was nicht übersehen werden darf, die Wirksamkeit eines Elektrophors wesentlich zunimmt, wenn man die Dicke des Harzkuchens so gering nimmt, als es überhaupt die Umstände zulassen.

Das Laden eines Elektrophors mittelst Anwendung einer Elektrisirmaschine vorzunehmen, können wir aber schon deshalb nicht zulässig finden, weil hierdurch dasselbe seine Selbständigkeit als elektrischer Apparat verlieren würde, indem man es ja gerade nur in solchen Fällen benutzen will, wo die Elektrisirmaschine entbehrlich werden soll.

Bei der Anfertigung eines Elektrophors kann man sich verschiedener Harzmassen bedienen. Volta wendete hiefür eine durch Schmelzen hervorgebrachte Mischung aus 3 Th. Terpentin, 2 Th. Colophon, und 1 Th. Wachs an, der zuletzt etwas Mennig zugesetzt wurde. — Saxtorph hält eine Mischung aus 4 Th. Plattlack, 8 Th. Colophon und 3 Th. Schiffspech so hergestellt, dass das schwer schmelzbare Plattlack während des Schmelzens in ganz flüssigem Zustande gleichartig mit den übrigen Bestandtheilen sich vereiniget, als die zweckmässigste, indem die erkaltete Masse eine harte glatte Oberfläche annimmt, die nicht leicht berstet. Ueberhaupt sind die Elektrophore in den älteren Zeiten — seit Volta nämlich — immer aus den eben genannten Bestandtheilen, diese in verschiedenen Gewichtsverhältnissen bei verschiedenen Anordnungen benutzt, zusammengesetzt worden. Berzelius empfahl eine Zusammensetzung aus 10 Th. Schellack, 3 Th. Colophon, 2 Th. venetianischen Terpentin, 2 Th. Wachs, ½ Th. Pech. Böttiger gibt hiefür eine Zusammensetzung aus 5 Th. Schellack, 3 Th. Mastix, 2 Th. Terpentin, 1 Th. Jeffery'schen Marineleim an. Man erhält übrigens durch das Zusammenschmelzen von gleichen Theilen Pech und Colophon brauchbare und wenig kostspielige Harzkuchen [20].

Von den zusammenzusetzenden Bestandtheilen wird zuerst der am schwersten schmelzbare Stoff in den flüssigen Zustand verwandelt, und hierauf setzt man die übrigen Körper hinzu, denen man noch etwas Zinnober oder Mennig beifügen kann, wenn man der Mischung eine bestimmte Farbe ertheilen will. In diesem geschmolzenen Zustand wird die ganze Masse, wenn sie gleichartig geworden ist, in die vorher erwärmte und vollkommen horizontal gestellte Form, deren hervorragende Ränder man mit einigen Streifen Stanniol vorher bekleiden kann, nicht unmittelbar, sondern durch ein grobes, aber reines Leinentuch gegossen. Ueber die nunmehr erkaltende an einem festen, keinen Erschütterungen

ausgesetzten Platze befindliche Masse bringt man nun ein stark erhitztes Eisenblech so an, dass dasselbe etwa um 1 Linie von der Harzfläche entfernt bleibt, und lässt nun das Ganze bis zum vollkommenen Erstarren stehen. Der erkaltete Kuchen darf nirgends Risse oder Blasen zeigen, muss an seiner Oberfläche spiegelglatt sein, und durch Reiben rasch elektrisch werden. — Dass seine Dicke möglichst gering sein soll, wurde schon erwähnt. Der allenfalls eintretenden Beschädigungen halber muss er mindestens 2 Linien dick werden. Dass der Schild, der eigentliche Conductor des Apparates, aus einer sorgfältig angefertigten und isolirt abhebbaren Metallscheibe bestehen muss, ist schon oben besonders hervorgehoben worden. Der Durchmesser des Schildes wird etwas kleiner genommen, als der des Kuchens, welch' letzterer kaum grösser als etwa 1 Fuss für die vorliegenden Zwecke zu sein braucht.

Bei Anwendung eines Elektrophors zum Laden einer Leydener Flasche versetzt man zuerst den Kuchen, unter Abheben seines Schildes, durch Schlagen mittelst eines Fuchsschweifes oder dgl. in den elektrischen Zustand, bringt hierauf den Schild auf die Mitte des Kuchens, berührt den Conductor mit dem Finger, und hebt sodann isolirt und möglichst parallel den Schild so weit in die Höhe, bis er in die Nähe des Knopfes der nicht isolirten Flasche kömmt. Diese Operation wiederholt man — mit Ausnahme der des Elektrisirens des Kuchens — so oft, bis die Flasche genugsam geladen ist.

Was die Anwendbarkeit des Elektrophors mit Ladungsapparat für die in Rede stehenden Zwecke betrifft, so muss ich bemerken, dass dieselbe auch wieder nur dann zulässig ist, wo es sich nur um geringe Wirkungen handelt, die in kurzen Distanzen auftreten sollen, und wobei es nicht darauf ankommen darf, ob die Zündung nach dem erstmaligen Versuche gelingt oder nicht. Ich habe hierüber längere Zeit hindurch Versuche angestellt, und zu diesem Zwecke einen ganz compendiösen Apparat zusammengestellt. Unter günstigen Umständen konnte ich bei der Länge des Schliessungsbogens von etwa 200 Fuss die sichere Zündung einer mit einem leicht explodirbaren Stoffe gefüllten Patrone vornehmen; hingegen versagte das sonst gut angefertigte und von allen Seiten mit den übrigen Bestandtheilen sorgfältig eingeschlossene Elektrophor bei feuchter Atmosphäre ganz und gar seine Dienste. — Seiner praktischen Brauchbarkeit steht auch der Umstand entgegen, dass es sehr leicht nach kürzerem oder längerem Gebrauche Risse bekömmt, und zwar um so leichter, je günstiger seine Wirkungen sind. — Ich halte daher für die vorliegenden Zwecke nur die Elektrophore aus Hartkautschuk für brauchbar, während diesen und den vorher beschriebenen Harz-Elektrophoren die in neuester Zeit mehrmals empfohlenen Elektrophore aus Papier sowohl, als auch jene aus Guttapercha weit nachstehen.

Ueber Elektrisirmaschinen im Allgemeinen.

Nachdem wir so die einfachen Erregungs-Apparate kennen gelernt, und gesehen haben, dass sie für die uns am meisten vorkommenden Fälle nicht als ausreichend erscheinen, so wollen wir nunmehr eine kurze Betrachtung über die Einrichtung der gebräuchlichsten Elektrisirmaschinen vornehmen.

Als Haupttheile einer jeden Elektrisirmaschine hat man die folgenden anzusehen:

a. Einen sorgfältig von der Umgebung isolirten Nichtleiter der Elektricität von gehöriger Ausdehnung, der durch Reiben elektrisirt wird.
b. Den hiezu gehörigen Reiber von geringer Ausdehnung, der je nach dem beabsichtigten Zwecke selbst wieder isolirt sein kann oder nicht.
c. Einen Ansammler der durch den Isolator erregten Elektricität, der positive Conductor genannt. Endlich zuweilen auch
d. Einen Ansammler der vom Reiber mitgetheilten Elektricität, den negativen Conductor.

Sowohl nach der Natur und Beschaffenheit des Isolators (a), als auch bei gleichem Materiale des letzteren nach der ihm beigebrachten Gestalt kann man verschiedenartige Elektrisirmaschinen anfertigen.

Man hat schon in früheren Zeiten die verschiedenartigsten Isolatoren für die Construction von Elektrisirmaschinen zu verwenden versucht und könnte daher nach der Natur dieser Stoffe unterscheiden: Elektrisirmaschinen, bei denen der erste Hauptbestandtheil aus Schwefel, aus gedörrtem Holz, Seidenzeug, Wollenzeug, Schellack, Gummilack, gefirnissten Pappscheiben und Papier, Glas und endlich nach der Einrichtung der Barlow'schen Maschinen [21] aus Guttapercha gewählt wird.

Da aber keine von diesen Arten sich als praktisch so brauchbar erwiesen hat, wie die Glasmaschinen, so können wir ihre Beschreibung umgehen, und bezüglich ihrer Construction und Leistungen auf die betreffenden Schriften über Elektricitätslehre verweisen [22]. Aehnliches müssen wir auch bei den meisten der bekannt gewordenen Glasmaschinen thun, die unter dem Namen Glasscheiben-Glascylinder oder Walzen- und Glasglocken-Maschinen uns vorkommen, und wir werden uns nur vorzugsweise mit der Einrichtung der Elektrisirmaschinen, bei welchen der erste Hauptbestandtheil eine Glasscheibe ist, hier, soweit es für unsere Zwecke als erforderlich scheint, beschäftigen, indem wir den vorstehenden Erörterungen nur die Bemerkung beifügen, dass eine jede Elektrisirmaschine von jedem anderen elektrischen Erregungs-Apparate sich dadurch unterscheidet, dass an derselben immer eine mechanische, einfache oder zusammengesetzte Vorrichtung angebracht ist, die gestattet, bei der Erregung der Elektricität entweder den Isolator in eine drehende oder den Reiber in eine fortschreitende — zuweilen auch gleichzeitig in eine drehende — Bewegung zu versetzen, während im ersten Falle der Reiber, im letzteren aber der Isolator unbeweglich bleibt.

Glasscheibenmaschinen.

Auch bei den Erörterungen über diese Maschinen nehmen wir bloss auf die Construction und Ausstattung der wesentlichsten Theile in so weit Rücksicht, als diese Elemente bei jeder Art von Anwendung der Elektrisirmaschinen dieselben bleiben, während die detaillirte Beschreibung von Elektrisirmaschinen, die für die in Rede stehenden Zwecke bestimmt sind, unten folgen soll, wo von wirklich ausgeführten Zündapparaten die Rede sein wird.

Die Elektrisirmaschinen, von denen wir hier sprechen wollen, haben als Isolator eine Glasscheibe von grösserem oder kleinerem Durchmesser, die in

ihrer Mitte mit einer in isolirten Lagern beweglichen und selbst aus Isolatoren und metallischen Theilen zusammengesetzten cylindrischen Axe versehen ist, um mittelst dieser, an deren einem Ende zu diesem Zwecke eine Kurbel befestiget wird, in drehende Bewegung versetzt werden zu können. Während ihrer Drehung wird die Scheibe durch einen geeigneten Reiber, das Reibzeug genannt, in den positiv elektrischen Zustand versetzt, während hiebei das Reibzeug selbst negativ elektrisch erregt wird. Die positiv elektrisirte Scheibe hat dann auf einen in ihrer Nähe befindlichen isolirten Leiter, der Conductor genannt, influencirend so einzuwirken, dass auf diesem die positive Elektricität angesammelt, und für elektrische Wirkungen, die man beabsichtiget, verwendet werden kann.

Wenn wir die Zusammensetzung und den Zweck derselben näher ins Auge fassen, so können wir sogleich die Bedingungen, welche bei der Construction einer brauchbaren Elektrisirmaschine zu erfüllen sind, im Allgemeinen herausfinden; wir können uns aber zugleich überzeugen, dass die Erfüllung jener Bedingungen mit nicht unbedeutenden Schwierigkeiten verbunden ist, und zwar mit Schwierigkeiten, die theils in der mechanischen Ausführung, theils aber in secundären, zuweilen nicht überwindbaren Ursachen liegen.

Was die Scheibe betrifft, so muss, vorläufig von der Beschaffenheit und Dicke des Glases abgesehen, dieselbe plan und parallel — sie darf nicht keilförmig — sein, ihr Rand soll nicht scharf, sondern vielmehr nach Art eines Wulstes genau bearbeitet sein, die ideale Drehungsaxe soll genau durch den Mittelpunkt der Scheibe gehen und auf dieser senkrecht stehen; ferner soll die physische Axe nur durch Isolatoren mit der Scheibe in Verbindung gesetzt werden, jene soll genau cylindrisch und von der Umgebung gehörig isolirt sein.

Bezüglich des Reibzeuges kann im Allgemeinen bemerkt werden, dass dasselbe nur von solcher Ausdehnung sein darf, um nach und nach beim Drehen der Scheibe immer nur an einem schmalen Sector der letzteren positive Elektricität zu erzeugen, und diesen wieder rasch verlassen zu können, es darf ferner, wenn die elektrisirte Scheibe auf den ihr dargebotenen Conductor influencirend wirken soll, nicht isolirt, sondern muss immer mit ausgedehnten oder mit anderen Leitern verbunden sein, auf welche die an ihm erregte negative Elektricität unmittelbar nach ihrer Erzeugung übergetragen werden kann, seine Berührungsfläche mit der Scheibe soll ein vollkommen ebenes Stück derselben sein, das Reibungsmaterial, mit dem das Reibzeug bestrichen ist, darf die Scheibenfläche weder in den leitenden Zustand versetzen, noch überhaupt irgend eine, wenn auch unsichtbare Aenderung an dieser Fläche hervorbringen, die gegenseitige Lage von Scheibe und Reibzeug bezüglich der Art der Berührung darf während einer ganzen Umdrehung der Scheibe an keiner Stelle sich ändern, es soll vielmehr der Druck von Reibzeug gegen die Scheibe beständig derselbe bleiben, und nur so gross sein, als es die Elektricitätserzeugung erfordert.

Endlich in Beziehung auf den Conductor muss bemerkt werden, dass derselbe, wie schon die Erscheinungen der Influenz-Elektricität es zeigten, in die Länge ausgestreckt sei. Er soll, wenn es sich um die Erregung einer grossen Elektricitätsmenge handelt, an den vom Glase entfernteren, an den Stellen nämlich, wo er seine Elektricität durch Mittheilung abgeben soll, eine grosse Oberfläche haben,

welch' letztere man entweder dadurch erhält, dass man ihn an seinem Ende kugelförmig macht, oder ihn aus einem Cylinder und Halbkugeln zusammensetzt, während er aus einer Kugel und einem langen dünnen Cylinder zusammengesetzt wird, wenn es sich darum handelt, an ihm Elektricität von grosser Dichtigkeit zu erzeugen (s. §. 5). An der Stelle, an welcher der Conductor der Scheibe unmittelbar gegenüber steht, und wo er ihr nämlich am nächsten ist, muss er plattenförmig und ausserdem an der der Scheibe zugewendeten Seite so gestaltet sein, dass die Ausgleichung der durch Influenz an ihm erregten negativen Elektricität der Scheibe in dem Augenblicke ihrer Entstehung sogleich wieder vernichtet wird. Welche Einrichtung der Conductor deshalb haben muss, wird unten zur Erwähnung kommen. — Endlich muss der Conductor in vollkommen isolirtem Zustande gegen die Umgebung sich befinden.

Erwägt man nun die vorstehenden Bedingungen, so sieht man, dass dieselben, in soweit sie die Scheibe und das Reibzeug betreffen, nur äusserst schwer zu erfüllen sind. Eine Glasscheibe mit ebenen und parallelen Flächen von solchem Durchmesser, wie sie für mittelgrosse Elektrisirmaschinen genommen werden müssen, herzustellen, ist schon an und für sich streng genommen nicht ausführbar, und würde, wenn wirklich der mechanischen Anfertigung keine Hindernisse im Wege stünden, so grosse Anschaffungskosten verursachen, dass man auf die Anwendung der Elektrisirmaschine für praktische Zwecke geradezu verzichten müsste. Man muss sich daher vor allem mit einer sehr bescheidenen Annäherung bezüglich der Erfüllung dieser Bedingung begnügen. Was ferner das genaue Centriren und Abschleifen etc. etc. der Scheibe betrifft, so lässt sich zwar dasselbe ausführen, aber gewöhnlich übersehen die geschickteren Mechaniker, welche solche präcise Arbeiten anfertigen, manche andere kleinlich scheinende Umstände, die bei der Construction von Elektrisirmaschinen von grossem Belange werden können. — Ebenso ist die Anfertigung vollkommener Reibzeuge mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden, insbesondere, wenn dieselben ausserdem auch noch so ausgestattet sein sollen, dass die Scheibe die an ihr erregte Elektricität ganz und gar überträgt. Wenn nun aus dem eben Erwähnten schon hervorgeht, dass man sich gewöhnlich mit mehr oder weniger mangelhaften Elektrisirmaschinen begnügen muss, so wird diese Ansicht weiter bestätiget, wenn man die detaillirte Anfertigung der einzelnen Theile der Elektrisirmaschine näher betrachtet, und dann endlich noch die Umstände in Rücksicht bringt, welche auf die Wirksamkeit einer Elektrisirmaschine von Einfluss sein können.

Der oben gestellten Anforderungen halber muss man für die Scheibe geschliffenes Spiegelglas wählen. Nicht das im durchgehenden Lichte vollkommen klare Spiegelglas soll hiefür sich eignen, sondern das mit kleinen glänzenden Pünktchen. Die beigemischten Metalloxyde, welche dem Glase eine blaue, grüne, schwarze Färbung ertheilen, sollen keinen nachtheiligen Einfluss auf das Isolationsvermögen haben [23], wohl aber soll nach Saxtorph das Mangan, durch welches das Glas eine violette Färbung erhält, den elektrischen Eigenschaften des Glases nicht günstig sein. Ebenso soll der Gehalt an Pottasche (Kaliglas) das Glas für diese Zwecke nicht tauglich machen. Das englische und böhmische

Flintglas und das französische Spiegelglas wurden vorzugsweise bei den am besten ausgefallenen Maschinen angewendet[24]. Die neu angefertigten Scheiben sollen gewöhnlich an ihrer Oberfläche leitend sein, und daher erst nach längerem Reiben ihre Brauchbarkeit annehmen, hingegen mit der Zeit an Güte zunehmen. Was die Dicke der Scheibe betrifft, so soll diese so gering als thunlich sein; die Rücksichten für die allenfallsige Beschädigung gebieten es, niemals dünnere Spiegelgläser als von 1 Linie Dicke zu wählen, während man bei den Maschinen, die für den praktischen Gebrauch bestimmt sind, Scheiben von grösserer, und bis zu 2 Linien Dicke nehmen muss.

Um der Scheibe bei jedesmaliger Drehung eine grössere Elektricitätsmenge beibringen zu können, bringt man an kleinen und mittelgrossen Apparaten zwei Reibzeuge an einer und derselben gabelförmigen Vorrichtung so an, dass die Scheibe gleichzeitig an beiden Seitenflächen gerieben wird. Das Reibzeug besteht in einem Stücke mit Amalgam überzogenen Leder, welches letztere auf ein hiefür passendes ausgetrocknetes Brettchen so gelegt wird, dass zwischen Leder und Holz eine weiche elastische Fütterung angebracht werden kann. Die amalgamirte Fläche wird in gehöriger Weise mittelst eines Stanniolstreifens mit einem an dem Reibzeughalter angebrachten Metallring verbunden, um so nach Erforderniss das Reibzeug isoliren zu können oder nicht.

Von grösstem Einflusse ist die Breite des Reibzeuges (auch seine Länge ist nicht gleichgültig), sowie die Art und Weise, wie dasselbe gegen die Scheibe gedrückt erhalten wird. Die Breite wird selten grösser als 2 Zoll genommen, wenn die Maschine vortheilhaft wirken soll; bezüglich der sonstigen Einrichtung des Reibzeuges werden wir das Nöthige bei der Beschreibung der ausgeführten Maschinen für Zündapparate mittheilen.

Von nicht geringerem Einflusse aber, wie die eben genannten Elemente ist die Beschaffenheit des Amalgams, so wie die Art und Weise der Herstellung der amalgamirten Fläche selbst etc. etc. Um das Leder leitend zu machen, und überhaupt in den Zustand zu versetzen, damit jeder zur Reibung gelangende Theil der Scheibe die grösstmögliche Menge positiver Elektricität erhält, hat man verschiedene Recepte zum Vorschlage gebracht. Zu den ältesten Vorschlägen gehört der, das Leder des Reibzeuges mit etwas Fett oder Talg zu bestreichen, und auf dieses eine dünne Schichte Musivgoldes (Schwefelzinn) auszubreiten. Am wirksamsten bleiben aber immer die Zinn-Zink-Amalgame, und es scheint in denselben ausser dem Quecksilber das Zink hiebei eine Hauptrolle zu spielen. Nach Saxtorph erhält man ein zweckmässiges Amalgam, indem man zu 2 Theilen erwärmten Quecksilbers 1 Theil geschmolzenes Zinn setzt, die Masse mittelst eines eisernen Drahtes innig und gleichartig mengt, in Wasser ausgiesst, und hierin so lange knetet, bis das Wasser davon ganz klar abläuft. Hierauf wird dasselbe so rasch als möglich in grauem Löschpapier getrocknet und in einer hölzernen Büchse aufbewahrt.

Das gebräuchlichste und wahrscheinlich auch das wirksamste Amalgam ist das nach Kienmayer's Angabe angefertigte. Man schmelzt 1 Theil Zink mit 1 Theile Zinn zusammen, bringt zu dieser wasserförmigen Metalllegierung, ohne sie weiter dabei zu erhitzen, 2 Theile reines Quecksilber, und giesst die ganze

Masse in eine hölzerne, inwendig mit Kreide bestrichene Büchse (Granulirbüchse), die nun mit ihrem ganzen Inhalte heftig geschüttelt wird. Vor dem Erkalten wird das so erhaltene Amalgam pulverisirt, und dieses Pulver muss bis zu seiner Verwendung in einer gut verschlossenen Glasflasche aufbewahrt werden. Da von der Bereitungsart und Güte des Amalgams die Wirksamkeit einer Elektrisirmaschine wesentlich abhängig ist, so kann man bei Anfertigung desselben nicht behutsam genug verfahren. Die Bestandtheile desselben müssen in vollkommen gereinigtem Zustande verwendet werden. Durch das wiederholte Umschmelzen kann man zwar das nach dem gewöhnlichen Verfahren in sehr hartem Zustande erhaltene Amalgam viel geschmeidiger machen (s. S. 307), aber diese geschmeidigere Masse besitzt nach meinen Erfahrungen die unangenehme Eigenschaft, dass sich mit der Zeit ein Antheil Quecksilber in regulinischer Form wieder aus dem Amalgam abscheidet.

Das von Bryant Higgins empfohlene Amalgam, das früher als das Kienmayer'sche angewendet wurde, erhielt man durch Vereinigung von fünf Theilen Quecksilber mit 1 Theil Zink, und es wurde demselben vor dem Gebrauche etwas gelbes Wachs beigemengt. Dieses Amalgam hat aber nach Kienmayer's Untersuchung die Eigenschaft, dass sich ein grosser Antheil Quecksilber schon nach kurzer Zeit wieder ausscheidet, und dass selbst bei seiner Anwendung im frisch bereiteten Zustande die Wirksamkeit desselben gering ist, wenn man nicht die Reibung beträchtlich stark macht.

Da, wie bereits erwähnt, das Kienmayer'sche Amalgam bis jetzt durch keines der vielen bekannt gewordenen anderweitigen Recepte verdrängt worden ist, und selbst das von van Marum angewendete, der jenem ein Viertel des Gewichtes Musivgold zusetzt, demselben nachsteht, so unterlasse ich es, die anderweitigen hierüber bekannt gewordenen Verfahrungsweisen zur Bereitung zweckmässiger Amalgame hier aufzuzählen[25]. Welche Vorzüge das von Brame in der neuesten Zeit empfohlene Amalgam, bestehend aus 8 Theilen Wismuth, 5 Theilen Blei, 3 Theilen Zinn und 7 bis 8 Theilen Quecksilber[26], besitzt, habe ich durch Versuche nicht ermittelt.

Nicht bloss die Bereitung des Amalgams, sondern auch seine richtige Anwendung ist von bedeutendem Belang. Das zum Amalgamiren vorbereitete Lederstück bestreicht man zuerst mit einer dünnen Fettschichte, wofür man am besten etwas reinen Talg nimmt, streut auf dasselbe in gleichartiger Weise — mittelst eines kleinen Siebes — das vorher fein pulverisirte und mit einer kleinen Quantität Fett versehene Amalgampulver, und vertheilt nun gleichförmig mittelst eines Falzbeins oder eines Lederballens, beständig nach einer und derselben Seite unter festem Andrücken streichend, die Amalgamschichte auf dem Leder. Soll die Amalgamfläche brauchbar sein, so muss sie überall — nahezu — dieselbe Dicke haben, sie muss ein graues Ansehen haben, sie darf keine Hervorragungen oder Vertiefungen haben, muss beim Anfühlen geschmeidig — weder fett noch rauh — sich zeigen etc. etc.; überhaupt muss das Bestreichen in sorgfältiger Weise vorgenommen werden, und es kann der erforderliche Grad von Präcision bei Anfertigung des Reibzeuges nur durch vielfache Uebung erlangt werden.

Nach längerem Gebrauche der Maschine ist es nothwendig, die Amalgamfläche zu erneuern, und es muss vorher die unbrauchbar gewordene Schichte entweder mittelst einer steifen Bürste oder durch Anwendung einer nicht scharfen Messerschneide entfernt werden.

Das Vorstehende mag nun hinreichen, um über die Bestandtheile der Elektrisirmaschine einen vorläufigen Aufschluss zu ertheilen, während wir über die Behandlung und Instandsetzung des Apparates später noch Einiges hinzuzufügen Gelegenheit nehmen werden. Einstweilen mag die Bemerkung genügen, dass von Maschinen von sonst guter Einrichtung keine grosse Wirksamkeit erwartet werden darf, wenn dieselben nicht sachgemäss und sorgfältig beim Gebrauche vorbereitet und behandelt werden, dass hingegen zuweilen selbst mittelmässig ausgestattete Elektrisirmaschinen in brauchbaren Zustand verwandelt werden können, wenn sie die richtige und sachgemässe Behandlungsweise erfahren. Ueberhaupt finden sich unter den auf die Praxis übergegangenen physikalischen Apparaten nicht viele, die eine sorgfältigere Behandlung erfordern, wenn sie dem beabsichtigten Zwecke genügen sollen, als die Elektrisirmaschine, und hiezu kömmt noch der sehr missliche Umstand, dass die Wirksamkeit dieses Apparates von äusseren Einflüssen so abhängig ist, dass derselbe für praktische Anwendungen als ganz untauglich erklärt werden muss, wenn man nicht die gehörigen Mittel anwendet, um jene Einflüsse mindern oder ganz beseitigen zu können.

Ich habe hier bloss von den Scheibenmaschinen aus Glas gesprochen, und diejenigen Apparate nicht weiter in Betrachtung gezogen, bei denen anstatt Glas ein anderes isolirendes Material angewendet worden ist. Unter den mir bekannt gewordenen Apparaten möchten aber nur, wie oben schon erwähnt worden ist, gegenwärtig die Kautschuk-Maschinen Beachtung verdienen, während sich kein anderer unter den bis jetzt angewendeten Isolatoren als Scheibenmaterial zu Elektrisirmaschinen als brauchbar gezeigt hat. — Da nun die Elektrisirscheiben aus Hartkautschuk dieselbe Behandlung erfordern, wie die aus Glas, so ist es jetzt nicht weiter nöthig, über dieselben eine besondere Erörterung vorzunehmen.

§. 62. Einrichtung des Ladungs-Apparates für Zündzwecke.

Die uns bekannten Ladungs-Apparate können in zweierlei Formen angewendet werden, und zwar

a. als Leydener Flaschen,

b. in Form der Franklin'schen Platten oder Tafeln.

Jeder Ladungs-Apparat hat den Zweck, eine grössere Elektricitätsmenge ansammeln, und für eine beabsichtigte Wirkung benutzen zu können, als diess mittelst des Conductors der Elektricitätsquelle allein geschehen kann. Seine Bestandtheile sind: ein dünner, nach Länge und Breite mehr oder weniger ausgedehnter Isolator und zwei metallische Platten oder Streifen, die die beiden Seitenflächen des Isolators bis auf eine kleine Distanz gegen die Ränder hin bedecken und mit demselben in feste unzertrennliche Verbindung gebracht werden. Sie heissen die Belege des Ladungs-Apparates. Hat der Isolator die

Form eines offenen geraden Kreiscylinders mit ebenem Boden aus derselben Substanz, wobei sodann derselbe an seiner äusseren Fläche sowohl als an seiner inneren mit dünnen Metallplatten — gewöhnlich mit Stanniol — bis auf etwa $^3/_4$ der Cylinderhöhe bedeckt wird, so heisst der Apparat eine Ladungsflasche. Ist aber der Isolator eine ebene Platte, die wieder bis auf etwa $^3/_4$ ihrer Länge auf beiden Seiten mit Stanniol belegt ist, so kann derselbe eine Ladungsplatte oder Tafel genannt werden.

Ladungsflaschen.

Die bekanntesten und gebräuchlichsten Ladungsflaschen sind die sogenannten Kleist'schen oder Leydener Flaschen. Ueber die Einrichtung der letzteren ist schon früher das Nöthige erwähnt worden (s. S. 17). Sowohl die Beschaffenheit, als auch die Dicke des Glases hat auf die Wirksamkeit einer Leydener Flasche als elektrischer Ansammlungsapparat Einfluss. Jedoch sind die Umstände, welche bezüglich der Beschaffenheit des Glases günstig sind, viel zu wenig aufgehellt, als dass man hierüber bestimmte Anhaltspunkte zu geben im Stande ist. Es wird von manchen Physikern behauptet, dass diejenigen Gläser, welche für Elektrisirmaschinen sich nicht eignen, die nämlich an ihrer Oberfläche leitend sind, an dieser die Feuchtigkeit der umgebenden Luft leicht verdichten etc. etc., und dass überhaupt weniger sorgfältig hergestellte Belegungen bessere Ladungsflaschen geben, als diess bei gereinigten und gut getrockneten Gläsern der Fall ist[27]. Was aber die Dicke des Glases betrifft, so kann als ausgemacht angenommen werden, dass das Glas so dünn, als die Rücksichten für die etwaige Beschädigung und die freiwillige Entladung der Flasche es gebieten, genommen werden soll. Dass die Glaswand an allen Stellen, an denen sie belegt ist, überall von derselben Dicke sein sollte, ist zwar eine Bedingung, sie kann aber streng genommen nicht erfüllt werden. Hiefür kann man aber verlangen, dass die zu Leydener Flaschen verwendeten Gläser an allen Stellen gleichartig und durchsichtig seien.

Die Grösse der Flasche wird immer nach dem Inhalt des inneren Beleges derselben bezeichnet. Sie richtet sich nach der Wirksamkeit der Elektricitätsquelle sowohl, als auch nach der Stärke der Wirkungen, welche man unter sonst gleichen Umständen mittelst des Entladungsfunkens hervorbringen will. Für schwache Elektricitätserreger, wie solche oben (Seite 307 u. f.) mehrere erwähnt wurden, nimmt man Glascylinder von 3 bis 4 Zoll Höhe, und 1 bis 2 Zoll Weite, während bei Anwendung von Elektrisirmaschinen bei den in Rede stehenden Zwecken immer Glascylinder von 6 bis 8 Zoll Durchmesser und etwa 1 Fuss Höhe als ausreichend angesehen werden dürften.

Die Anfertigung von Leydener Flaschen geschieht dadurch, dass man entweder mit Gummiwasser oder gewöhnlichem Kleister die glatte Zinnfolie sowohl an der inneren, als auch an der äusseren Seite des Glases auf etwa $^3/_4$ der Höhe des Cylinders (oder auch etwas mehr) gleichförmig und fest anklebt. Bei engen Glascylindern kann man anstatt des inneren Beleges die Flasche auf die genannte Höhe mit Messingfeile, der man etwas Gummiwasser beifügen kann, anfüllen. Der unbelegt gebliebene Ring an dem offenen Ende der Flasche wird mit einer dünnen Schichte von Siegellack- oder Schellack-Firniss bestrichen,

und kann vor dem jedesmaligen Gebrauche mit etwas Talg bestrichen werden. Die Flasche muss nach geschehener Anfertigung gut — wo möglich luftdicht — verschlossen werden, und beständig verschlossen bleiben. Als Verschluss kann ein gut einpassender Stöpsel oder Kolben aus getrocknetem, in Leinölfirniss vorher präparirtem Holze benutzt werden, der so dick sein soll, als die Höhe des unbelegten Ringes beträgt, und der an seiner unteren (inneren) Grundfläche mit Stanniol belegt sein soll, so dass dieses Belege mit dem durch die Mitte des Kolbens gesteckten — etwa 2 bis 3 Linien — dicken Messingdraht in leitender Verbindung steht. Die Seiten des die Flasche verschliessenden Kolbens oder Stöpsels, so wie seine obere Fläche müssen mit einer isolirenden Substanz, etwa mit geschmolzenem Siegellack, vor seinem Einsetzen überzogen werden. Der durch den Kolben gesteckte Messingdraht soll an seinem äusseren (oberen) Ende eine Stelle des inneren Beleges vertreten. Dieses Ende soll daher bis zu einer angemessenen Höhe (etwa 3 bis 4 Zoll) ausserhalb der Flasche hervorragen, und hier mit einer angeschraubten Messingkugel von mindestens 1 Zoll Durchmesser versehen sein. An das innere (untere) Ende des Messingdrahtes kann man vor dem Verschliessen der Flasche eine dünne Messingplatte oder ein Stück Stanniol anlöthen, so dass mittelst jener Platte oder dieses Stanniolstreifens der Draht mit dem Boden der Flasche in unmittelbare leitende Verbindung gesetzt werden kann.

Will man eine Flasche mit Elektricität laden, so muss entweder ihr äusseres oder ihr inneres Belege in nicht isolirten Zustand versetzt werden, je nachdem ihr inneres oder ihr äusseres Belege mit dem elektrisirten Conductor des Elektricitätserregers in Berührung gebracht worden ist. Gewöhnlich setzt man den Knopf der Flasche, also ihr inneres Belege mit dem Conductor des elektrischen Apparates in unmittelbare leitende Verbindung, und man muss deshalb während des Ladens der Flasche die letztere entweder in der Hand halten, oder dieselbe auf eine metallische Unterlage versetzen, die mit dem Boden leitend verbunden wird, oder, was für unsere Zwecke am bequemsten und sichersten erscheint, die Flasche auf einen mit Stanniol belegten Boden setzen, und diesen durch einen dicken Kupfer- oder Messingdraht mit dem Reiber des elektrischen Apparates leitend verbinden.

Wendet man zum Laden der Flasche eine schwache Elektricitätsquelle, wie z. B. eine geriebene lange Glas- und Porzellanröhre, oder das Elektrophor an, so wird man nicht leicht eine Selbstentladung zu befürchten haben. Bei Anwendung der Elektrisirmaschine aber hat man das Laden mit einiger Vorsicht vorzunehmen. Versetzt man nämlich, nachdem die oben angedeuteten Vorbereitungen getroffen worden sind, die Elektrisirmaschine in Thätigkeit, und ist dabei das innere Belege der Flasche mit dem positiven Conductor der Maschine in leitende Verbindung gesetzt worden, so wird eine grössere oder geringere Zahl von Drehungen der Scheibe nöthig sein, um der Flasche die grösstmögliche Ladung beizubringen. Der Vorgang ist hiebei beiläufig folgender: Das innere Belege nimmt durch unmittelbare Mittheilung eine gewisse Elektricitätsmenge an, die sich theils über seine Oberfläche, theilweise über die Glasfläche verbreitet, theils aber auch in die letztere etwas eindringt. Jedenfalls ist also, mag

die Art und Weise der Ausbreitung und Vertheilung der vom positiven Conductor empfangenen Elektricität an der Innenfläche der Flasche irgend welche sein, diese als elektrisirter — und isolirter — Leiter zu betrachten, und es wird daher dieselbe influencirend gegen das äussere nicht isolirte Belege wirken. Es wird daher — nach den gewöhnlichen Vorstellungsweisen — auf dem äusseren Belege eine Zerlegung einer solchen Elektricitätsmenge so vor sich gehen, dass sich eine fast ebenso grosse Menge negativer Elektricität an diesem ansammelt, als die Menge der erregenden positiven Elektricität am inneren Belege beträgt, während die dieser gleichen Menge positiver Elektricität des äusseren Beleges auf den Leiter übergeht, mit dem dieser stets verbunden bleibt. Die beiden an den Glasflächen angehäuften gleichen und entgegengesetzten Elektricitätsmengen bilden nunmehr die Ladung der Flasche, und letztere bleibt so lange unverändert, als das innere Belege sowohl gegen die umgebenden Objecte, als auch gegen die Luftschichten, mit denen dasselbe in Berührung steht, vollkommen isolirt bleibt. Ist die Isolation eine unvollkommene, so tritt eine geräuschlose Entladung der Flasche nach und nach ein, und ebenso wird dieselbe sich nach und nach schwächen, wenn nach geschehener Ladung das innere Belege mit dem Conductor der Maschine verbunden bleibt.

Wenn man aber nach eingetretener Ladung an das äussere Belege das eine Ende eines Drahtes anlegt, und dessen anderes Ende mit dem inneren Belege in Berührung bringt, so wird nunmehr eine fast vollständige Entladung durch den auf diese Weise eingeleiteten Entladungsstrom erfolgen.

Wie gross nun die Zahl der Drehungen der Elektrisirscheibe sein muss, damit die Flasche ihre stärkste Ladung annimmt, darüber lässt sich, da die Umstände, welche hier einwirken, ungemein variabel sind, gar nichts Bestimmtes festsetzen. Ueberhaupt kann man nur durch vorsichtig angestellte Versuche sich überzeugen, wann unter sonst gleichgebliebenen Umständen die Ladung der Flasche die günstigste ist. Versucht man es aber derselben eine noch grössere, wie diese eben genannte beizubringen, so kann der Fall eintreten, dass eine Selbstentladung der Flasche erfolgt, und wenn der unbelegt gebliebene obere Ring derselben eine zu grosse Breite hat, so kann diese Selbstentladung an irgend einer belegten Stelle der Flasche eintreten, wo sodann eine Durchbohrung stattfinden wird. — Eine auf diese Weise beschädigte Flasche ist aber ganz unbrauchbar. Es werden zwar Mittel angegeben, um durchbohrte Flaschen wieder brauchbar zu machen. So gibt Brook [28] an, dass man eine beschädigte Flasche mittelst des von ihm vorgeschlagenen Kittes wieder vollständig herstellen könne. „Man nehme 8 Unzen von spanischem Weiss, und erhitze dasselbe in einer messingenen Kelle, um alle Feuchtigkeit daraus zu entfernen. Nach dem Erkalten und sorgfältigem Durchsieben versetze man das Pulver mit 3 Unzen Pech, $^3/_4$ Unzen Colophon und $^1/_2$ Unze Wachs, behandle sodann die ganze Masse über schwachem Feuer unter stetem Umrühren etwa $^1/_2$ Stunde lang, und rühre dieselbe unter Hinwegnehmen vom Feuer bis zum vollständigen Erkalten. Mit dem auf diese Weise erhaltenen geschmolzenen Kitt wird die beschädigte und bloss gelegte Stelle bestrichen, und hierauf wieder mit Stanniol belegt“. Es soll sodann die Beschädigung für immer aufgehoben, und die Flasche

wieder brauchbar sein. — Nach CAVALLO [29] können derartige Beschädigungen an Leydener Flaschen dadurch wieder beseitiget werden, dass man vor allem die bloss gelegte Stelle derselben etwas erwärmt, und gleichzeitig auf dieselbe geschmolzenes Siegellack tröpfelt, so dass die Siegellackschichte dicker wird, als das Glas selbst ist. Hierauf wird dieser Fleck mit einem Pflaster aus Wachstaft bedeckt, das durch Mischen von 4 Theilen Wachs, 1 Theil Pech, 1 Theil Terpentin und etwas Baumöl angefertiget worden ist. Die auf diese Weise ausgebesserte Stelle hat man nun wieder wie früher auf beiden Seiten zu belegen. — Welchen Erfolg nun die Anwendung dieser Mittel hat, habe ich durch eigene Erfahrung niemals geprüft; aber es kann mit Bestimmtheit angegeben werden, dass das alleinige Ausbessern der beschädigten Stelle einer durchschlagenen Flasche mittelst einer der gewöhnlichen harzartigen Isolatoren für den weiteren Gebrauch derselben keinen Erfolg hat.

Für die in Rede stehenden Zwecke möchte dem Glase die Guttapercha zur Anfertigung von Ladungsflaschen vorzuziehen sein. Da man das sogenannte Guttaperchaleder in jeder beliebigen Dicke anzufertigen im Stande ist, auch leicht homogene, und insbesondere überall gleich dicke Stücke Guttaperchaplatten pressen kann, denen man nach der Anfertigung jede beliebige Gestalt beizubringen vermag, und selbst durch Schmelzen der Guttapercha in geeigneten Formen sich passende Flaschen aus diesem Materiale zu verschaffen Gelegenheit hat, so möchten, da auch die weitere Ausführung von Ladungsflaschen aus diesem Materiale mit gar keinen Schwierigkeiten verbunden ist, auch manch' anderer günstiger Umstände halber, die den Guttaperchaflaschen vor den Leydener den Vorzug einräumen dürften, für die praktischen Anwendungen dieselben besonders zu empfehlen sein. — Zur Anfertigung solcher Ladungsflaschen aus Guttapercha hat man aber ein gut gereinigtes Material zu benutzen, und es dürfte vortheilhaft sein, wenn gleich dieser Stoff dem Schellack und Siegellack bezüglich seines Isolationsvermögens nicht nachsteht, der mit der Zeit eintretenden Aenderungen halber (die insbesondere an den Stellen eintreten, die dem Einflusse der Luft ausgesetzt sind) den unbelegten Ring ebenso wie bei den Glasflaschen mit einem passenden isolirenden Firniss, etwa mit einer Schellack- oder Siegellacklösung zu bestreichen, und diesen Anstrich, wenn er sich theilweise ablösen sollte, von Zeit zu Zeit wieder zu erneuern.

Ladungsplatten.

In vielen Fällen kann man statt der Ladungsflaschen der Platten mit grossem Vortheil sich bedienen. Da die an einem Ladungsapparate angesammelte Elektricitätsmenge mit der Grösse der hiefür zu Gebote stehenden Oberfläche des Beleges zunimmt, so wird man überall, wo es sich um bedeutende Effecte, die man mittelst des elektrischen Entladungsstromes hervorbringen will, handelt, die Ladungsflaschen entweder in einfacher Form, oder als Batterien (S. 18) in Anwendung bringen. In vielen anderen Fällen, und namentlich für die in Rede stehenden Zwecke sind die aus Ladungsplatten zusammengesetzten Batterien viel bequemer wie jene und ausreichend.

Die ersten Ladungsplatten, von FRANKLIN construirt, sind unter dem Namen Franklin'sche Tafeln bekannt. Bekleidet man eine dünne ebene rechteckige Glasscheibe auf beiden Seiten mit Zinnfolie, so dass von der Glasfläche etwa ein 1 bis 2 Zoll breiter Streifen frei bleibt, isolirt diese Tafel mittelst eines passenden Gestelles oder überhaupt mittelst einer Unterlage aus einem Nichtleiter, versieht ferner jedes Belege mit einem leitenden Ansatze, so dass das eine der Belege mit dem Conductor der Elektrisirmaschine etc., das andere aber entweder mit dem Reiber des Elektricitätserregers oder mit dem Erdboden in Berührung gebracht werden kann, so kann man die Platte in ähnlicher Weise laden und entladen, wie eine Ladungsflasche.

Vereiniget man mehrere solche Franklin'sche Tafeln in einem passenden mit isolirenden Fächern versehenen Gestelle so unter einander, dass die Belege der ersten sowohl, als auch die der zweiten Seitenflächen unter sich mittelst Drähte oder Metallstreifen leitend in Verbindung stehen, so erhält man eine Plattenbatterie. Wenn also mit A und J die beiden Belege der ersten, mit A_1 und J_1 die der zweiten, mit A_2 und J_2 die der dritten u. s. w., mit A_9 und J_9 die der zehnten Platte bezeichnet werden, und man wollte aus diesen zehn Ladungsplatten eine Batterie bilden, so hätte man A mit A_1, A_2 mit A_3 u. s. w. A_8 mit A_9 einerseits, dann J mit J_1, J_2 mit J_3 u. s. w. J_8 mit J_9 andererseits leitend zu verbinden. Die mit A bezeichneten Belege sollen die äusseren, die mit J bezeichneten aber die inneren Belege heissen. An dem ganzen Apparate muss eine gemeinschaftliche Verbindung der sämmtlichen äusseren Belege mit einem passenden Fortsatze angebracht sein, der nicht isolirt zu sein braucht, während eine ähnliche aber vollkommen isolirte Anordnung, von der ein dicker Draht nach dem Conductor geführt werden kann, für die gemeinschaftliche Verbindung der sämmtlichen inneren Belege gemacht werden muss. Legt man den gemeinschaftlichen Ausleiter aller inneren Belege an den Conductor eines in Thätigkeit befindlichen Elektricitätserregers an, während man die äusseren Belege entweder mit dem Reiber oder mit dem Erdboden leitend verbindet, so wird die Batterie mit Elektricität geladen. Stellt man sodann einen Schliessungsbogen zwischen dem äusseren und inneren Belege her, so wird eine Vereinigung der durch Influenz an der Batterie angesammelten Elektricitäten vor sich gehen, und jene entladen werden. Die Beschaffenheit und Dicke des Glases zu Franklin'schen Batterien hängen von ähnlichen Umständen ab, wie bei den Leydener Flaschen. Die Platten sollen so dünn als die Gefahren des Zerbrechens es gestatten, genommen werden.

Anstatt des Glases kann auch jede andere plattenförmige Substanz von ausreichendem Isolationsvermögen benutzt werden. Schon BECCARIA [30] hat Siegellacktafeln für diese Zwecke angewendet. Ausserdem verfertigte BECCARIA derartige Ladungsplatten dadurch, dass er reines Colophon mit fein gestossenem und durchsiebtem Marmor nach vorherigem Trocknen zu gleichen Theilen zusammenschmelzte, und die daraus angefertigten Tafeln in ähnlicher Weise belegte, wie dies vorher bei den Glasplatten erwähnt worden ist. Derartige Ladungsplatten konnte man, wenn sie durch Selbstentladung beschädiget wurden, dadurch wieder herstellen, dass man sie mit einer heissen Eisenplatte an der verletzten Stelle berührte [31].

Nach NICHOLSON soll das geeignetste Material für Ladungsplatten der Glimmer sein, und zwar nicht bloss deshalb, weil die Glimmerplatten in einer weit geringeren Dicke, wie das Glas genommen werden können, sondern auch deshalb, weil dieselben eine stärkere Ladung wie dieses annehmen, ohne zu durchbrechen. NICHOLSON construirte eine Plattenbatterie, bestehend aus zwölf quadratischen Glimmerscheiben, jede von 2,6 Zoll Breite und 0,0025 Zoll Dicke, die mit Stanniol belegt wurden; die inneren Belegungen betrugen nur 48 Quadratzoll. Nach einer von ihm gemachten Schätzung konnte dieselbe ebenso viel Elektricität ansammeln, als 960 Quadratzoll Belegungen von Fensterglasscheiben von $1/_{20}$ Zoll Dicke [32].

Die Brauchbarkeit des Glimmers hat sich auch in der neuesten Zeit bei der Construction von Condensatoren für elektrodynamische Inductionsapparate als zweckmässig gezeigt. Jedoch ist dieses Material nicht immer in der gehörigen Reinheit zu haben. — Uebrigens kann man für Ladungsbatterien — die, nebenbei erwähnt, auch mit dem Namen Condensatoren in weiterer Bedeutung dieses Wortes bezeichnet werden, da ihre Einrichtung auf demselben Principe beruht, wie die der elektrischen Condensatoren in engerem Sinne — auch biegsame Isolatorplatten aus irgend welchem Materiale benutzen. Man verwendet hiefür entweder Wachstaft, oder Kautschukplatten, auch Guttaperchaleder, da diese Materialien, der bequemen Anordnung halber, welche Condensatoren aus denselben gefertiget zulassen, einen geringen Raum erfordern, und dennoch dabei eine bedeutend grössere Oberfläche darbieten, als eine Leydener Flasche von mittlerer Grösse. Man wird daher für die in Rede stehenden Zwecke sich mit grossem Vortheil der zusammenlegbaren Wachstaft- oder der Kautschuk- oder der Guttapercha-Condensatoren anstatt der Ladungsflaschen und der Franklin'schen Batterien bedienen. — Die zu Gebote stehende Elektrisirmaschine wird daher zu dem Ende unter Anwendung einer elektrischen Flaschenbatterie, die man versuchsweise nach und nach aus zwei, drei etc. etc. Flaschen von bestimmter Grösse zusammensetzt, untersucht, um sich zu überzeugen, ein wie grosses Belege des Ladungsapparates mittelst derselben vollständig geladen werden kann, und man wird sodann, wenn man die Beziehung der Ladungsfähigkeit einer Ladungsplatte aus Glas zu einer gleich grossen aus dem für den Condensator anzuwendenden Materiale beiläufig ermittelt hat, bestimmen können, von welcher Grösse der der Elektrisirmaschine beizugebende Condensator mit Vortheil genommen werden darf.

Hat man den Ladungsapparat mit dem dazu gehörigen Erreger zu einem einzigen Apparate in passender Weise zusammengestellt, so ist es nothwendig, sich von der Wirksamkeit des letzteren auch zu überzeugen. Man muss daher jedenfalls einen Zwischenapparat benutzen, der bei jedesmaliger Prüfung des Zündapparates in einen provisorisch hiefür angelegten Schliessungsbogen leicht eingeschaltet werden kann, und welcher gestattet, den ganzen Apparat bezüglich seiner Brauchbarkeit beurtheilen zu können. Dieser Zwischenapparat soll bloss gestatten, die Schlagweite der an dem Ladungsapparat angesammelten Elektricitäten zu jeder Zeit beurtheilen zu können; er gibt daher durchaus kein Prüfungsmittel ab, um die beabsichtigte Wirkung bezüglich des Erfolges des

Zündens genau beurtheilen zu können, indem bei einer auszuführenden Zündung der Schliessungsbogen von ganz anderer Beschaffenheit ist, als in jenem einfachen Falle. Jene Prüfung soll bloss über den Zustand des Zündapparates den gehörigen Aufschluss zu geben im Stande sein, während man zur vorläufigen Beurtheilung des Erfolges der beabsichtigten Zündung selbst, wie wir später sehen werden, andere und zuweilen sogar ganz bestimmte Anhaltspunkte hat. Es mag daher ausreichend sein, wenn man dem Apparate selbst zwei unter einander und von der Umgebung isolirte kleine Messingkugeln von gleichem Durchmesser in ähnlicher Weise, wie man diess bei den sogenannten Ladestativ, das man für elektrische Versuche benutzt, anbringt, und die anstatt selbst isolirt zu sein, an isolirten Messingdrähten angeschraubt sein können, und wobei einer der Drähte fest, der andere aber verschiebbar oder überhaupt beweglich angeordnet sein kann, so dass man die Distanz der beiden Kugeln innerhalb enger Grenzen nach Belieben abzuändern vermag. Bei der Untersuchung des elektrischen Apparates auf seinen Zustand wird dann vom Reiber oder dem äusseren Belege des Ladungsapparates zu der einen jener Kugeln ein Draht geführt, während mittelst eines isolirten Leiters die Vereinigung der zweiten Kugel mit dem inneren Belege der Flasche etc. etc. vorgenommen wird, sobald die Ladung der letzteren oder des statt derselben benutzten Condensators ausgeführt worden ist.

Die Einschaltung eines derartigen einfachen Entladers in den provisorisch angelegten Schliessungsbogen des auf seine Wirksamkeit zu untersuchenden Ladungsapparates kann endlich den Vortheil darbieten, eine Selbstentladung und Beschädigung des letzteren zu verhüten. Man kann nämlich den Abstand der beiden Kugeln jenes Entladers nach Willkühr abändern; wenn daher derselbe zuerst von der Grösse einiger Linien, und dann nach und nach immer mehr gesteigert wird, so kann man bald durch den Versuch die grösste Schlagweite (s. S. 26) finden, die der Ladungsapparat, ohne beschädiget zu werden, annehmen kann.

§. 63. Betrachtung einiger ausgeführten Minen-Zündapparate.

Nachdem nunmehr diejenigen Principien der Lehre von der Reibungs-Elektricität zur Erwähnung gekommen sind, welche zum Verständnisse und zur Beurtheilung eines elektrischen Erregungsapparates als nöthig erscheinen, und bezüglich der Wirkungen des elektrischen Entladungsstromes in ausreichender Weise im 1. Kapitel des vorigen Abschnittes gesprochen worden ist, so können wir jetzt zu dem eigentlichen Gegenstande unserer Betrachtungen, wie derselbe in §§. 58 und 59 angedeutet wurde, übergehen.

Die Anwendung des elektrischen Zündapparates für die besagten Zwecke ist schon vor längerer Zeit theils versucht, theils vorgenommen worden. So soll W. Snow Harris, dessen Verdienste um die Erweiterung der theoretischen und praktischen Elektricitätslehre bekannt sind, schon im Jahre 1823 auf bedeutende Entfernungen und mit Leitungsdrähten, die durch Wasser liefen, mittelst einer Elektrisirmaschine Schiesspulver entzündet haben [33]. Die Patent-Sprengmethode, um Felsen wegzuräumen, wie sie Moses Shaw zu New-York im

Jahre 1831 in Nordamerika benutzte [34], bestand in der Anwendung seiner Glas-Elektrisirmaschine mit einer Leydener Batterie als Ladungsapparat. Im Jahre 1843 liess der schottische Ingenieur R. W. THOMSON seine Erfindung auf einen Apparat patentiren, der zum Felsensprengen dienen sollte [35]. Dieser Apparat bestand in einer Cylinder-Elektrisirmaschine, die mit einer elektrischen Batterie in einem luftdichten Kasten eingeschlossen war, in welch' letzterem ein kleines Gefäss mit getrocknetem Chlorcalcium sich befand, das zur Trockenhaltung des ganzen Apparates dienen sollte. Mit einem kleinen Modelle dieses Apparates konnte man auf Entfernungen von 100—200 Fuss mehrere Bohrlöcher gleichzeitig wegnehmen. — Um dieselbe Zeit soll eine ähnliche Zündungs-Methode bei Gelegenheit der Gewinnung von Steinen für Bauwerke im Radauthale am Harz, in der Nähe von „Goslar", angewendet worden sein, wobei man aber den elektrischen Entladungsfunken nicht direct auf Schiesspulver, sondern auf einen von VARRENTRAPP hiefür angegebenen in einer Patrone befindlichen Zündsatz wirken liess, der in Folge seiner Explosion das Sprengpulver entzündete [36]. Man verwendete hiefür eine Elektrisirmaschine, die, um sie vor dem Einflusse der Feuchtigkeit zu schützen, in einem doppelten Holzkasten eingesetzt, dessen Zwischenraum mit ungelöschtem Kalke gefüllt war. Auf diese Weise konnte man unter günstigen Umständen 3 bis 4 mit einander verbundene Bohrlöcher gleichzeitig mit einem Schläge entzünden, aber dennoch konnte man dieses Verfahren nicht beibehalten, da die Wirkung der Maschine nur bei trockenem Wetter stattfand. Ob nun schon in noch früheren Jahren der elektrische Entladungsstrom zum Sprengen angewendet wurde, möchte schwer zu ermitteln sein [37]. Uebrigens ist selbst über die in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts in dieser Beziehung gemachten Anwendungen Näheres nicht bekannt geworden.

GÄTSCHMANN's Apparat.

Die erste mir bekannt gewordene Beschreibung eines Verfahrens, mittelst des elektrischen Entladungsstromes das Entzünden von Sprengladungen vorzunehmen, ist die von M. F. GÄTSCHMANN zu Freiberg [38]. GÄTSCHMANN wendete für seine Elektrisirmaschine einen Glascylinder von etwa 10 Zoll Durchmesser und 14 Zoll Länge an. Der Cylinder wurde auf seine horizontale hölzerne Axe gesteckt, „welche in den Seitenwänden eines die ganze Maschine umschliessenden viereckigen Holzkastens von $28\frac{1}{2}$ Zoll äusserer Länge, $19\frac{3}{4}$ Zoll Breite und $19\frac{1}{2}$ Zoll Höhe aufgelagert ist, und an dem einen hinausragenden Ende eine Kurbel zum Drehen hat". Ferner wurde ein gewöhnliches einfaches Reibzeug, Conductor mit Sauger und eine des beschränkten Raumes wegen kleine Flasche (von etwa $4\frac{1}{2}''$ Durchmesser und $11\frac{1}{2}''$ Höhe) mit eingesetztem Funkenmesser angewendet. Der Kasten wurde mit einem den grössten Theil des Deckels verschliessbaren Schieber und mit zwei Handhaben zum bequemen Fortschaffen versehen. Anfangs brachte man innerhalb des Kastens in gewissen Abständen von dessen Wänden zwei Lagen von Drahtgeflecht an, und füllte den hierdurch gebildeten Zwischenraum mit ungelöschtem Kalke aus. Hierdurch wurde aber der Apparat sehr stark belastet, und die Wirksamkeit dieses Mittels blieb dennoch aus. „Man suchte deshalb denselben Zweck, den Cylinder in

trockenem Zustande während der Versuche zu erhalten, dadurch zu erreichen, dass man zwei Spirituslampen nahe an dem Cylinder unter einem schirmartigen Gehäuse *c* (*Fig. 89*) von Eisenblech einsetzte, und wobei die sich entwickelnden Dämpfe durch ein im Deckel ausmündendes Blechrohr *d* abgeführt wurden. — In welcher Weise hiebei die Zündung vorgenommen wurde, und welche Leistungen das von Gätschmann eingeschlagene Verfahren ergab, wird unten in Erörterung kommen.

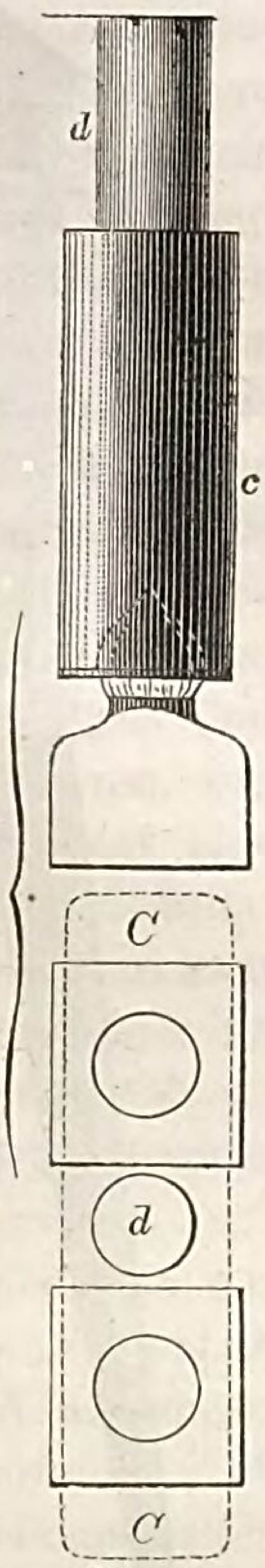


Fig. 89.

Der Oesterreichische elektrische Minen-Zündapparat.

In einem bedeutenden Grade von Vollkommenheit, insbesondere für das Sprengen von Felsenmassen, wurde der elektrische Zündapparat von dem Oberstlieutenant des Oesterreichischen Geniestabes, Freiherrn von Ebner construirt. Die Versuche hierüber wurden schon im Jahre 1853 bei dem k. k. Genie-Comité zu Wien begonnen, durch drei Jahre fortgesetzt, und zu wiederholten Malen in grossem Maassstabe unternommen. Das, was diesen Apparat an und für sich, ohne Rücksicht auf seine Leistungsfähigkeit, wie er im Jahre 1856 ausgestattet war, besonders auszeichnet, ist die exacte und solide Anfertigungsweise, seine sorgfältige Ausstattung für alle etwa eintretenden Fälle und die zweckmässige Anordnung, nach welcher der ganze Apparat in allen seinen Theilen zusammengesetzt ist.

Obgleich uns einzelne Phasen seiner Entwickelung bekannt geworden sind, so wollen wir dennoch den Apparat in der Ausstattung, die er im Jahre 1856 hatte, hier beschreiben, und einzelne Abweichungen von dieser Einrichtung unten in Erwähnung bringen. Die Beschreibung gebe ich nach den in Ebner's Abhandlung [39] enthaltenen Erörterungen. Die Einrichtung des Zündapparates mit allen seinen einzelnen Theilen ist durch die Abbildungen *Figg. 90* mit *95* (s. S. 326) dargestellt. Die Elektrisirmaschine hat als isolirten Erreger zwei Scheiben aus polirtem Spiegelglas von 12 (Wiener) Zoll im Durchmesser und 4 Linien Dicke. Beide befinden sich an einer gemeinschaftlichen Axe aus Gussmessing, die in metallenen Lagern läuft. „Die Reibung erfolgt in der bekannten Art beim Durchgange zwischen zwei Kissen, welche unter der Wirkung elastischer Federn sich mit sanftem Drucke an selbe anschmiegen. *Fig. 95* zeigt die Einrichtung eines Kissens: das mit einem Flügel aus gefirnisstem Schafwollenstoff versehene Leder ist sammt einem darunter gelegten Flanellblatte durch die Spange *AB* an eine Messingplatte fest geschraubt, welche an den Knöpfen *x* und *y* gefasst und mittelst der Führung *Z* in die Gabel *A* (*Figg. 90* und *91*) eingeschoben wird. Letztere ist hohl und gleichfalls aus Messing gearbeitet, sie kann erforderlichenfalls durch die Verschraubung *d* mit dem kupfernen Dampfkessel *B* in Verbindung gesetzt werden, dessen Dampf in die hohlen Räume einströmt und sammt dem condensirten Wasser durch das Seitenrohr *e* entweicht. Die Erwärmung wird solchergestalt gerade an jenen Ort hingeleitet, wo ihre Wirkung am nützlichsten ist“. Der Conductor ist bei diesem Erregungsapparate nicht

Fig. 90.

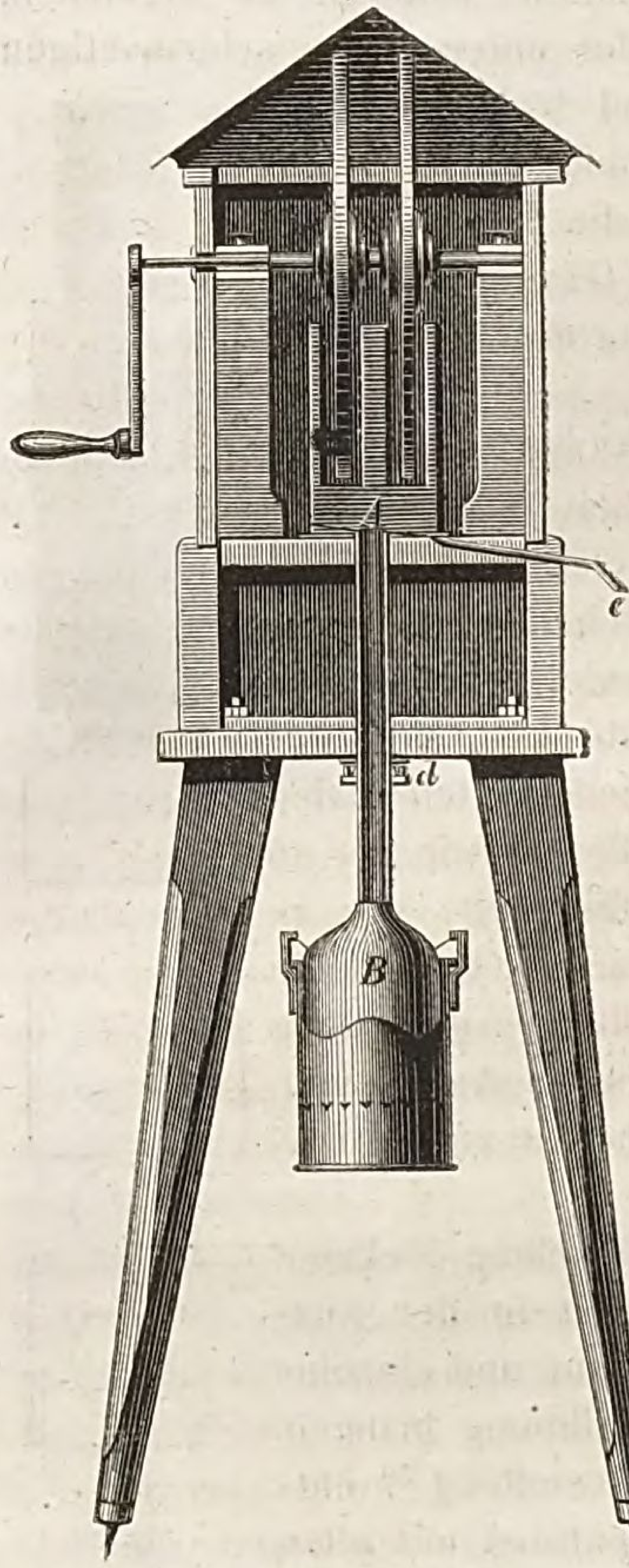
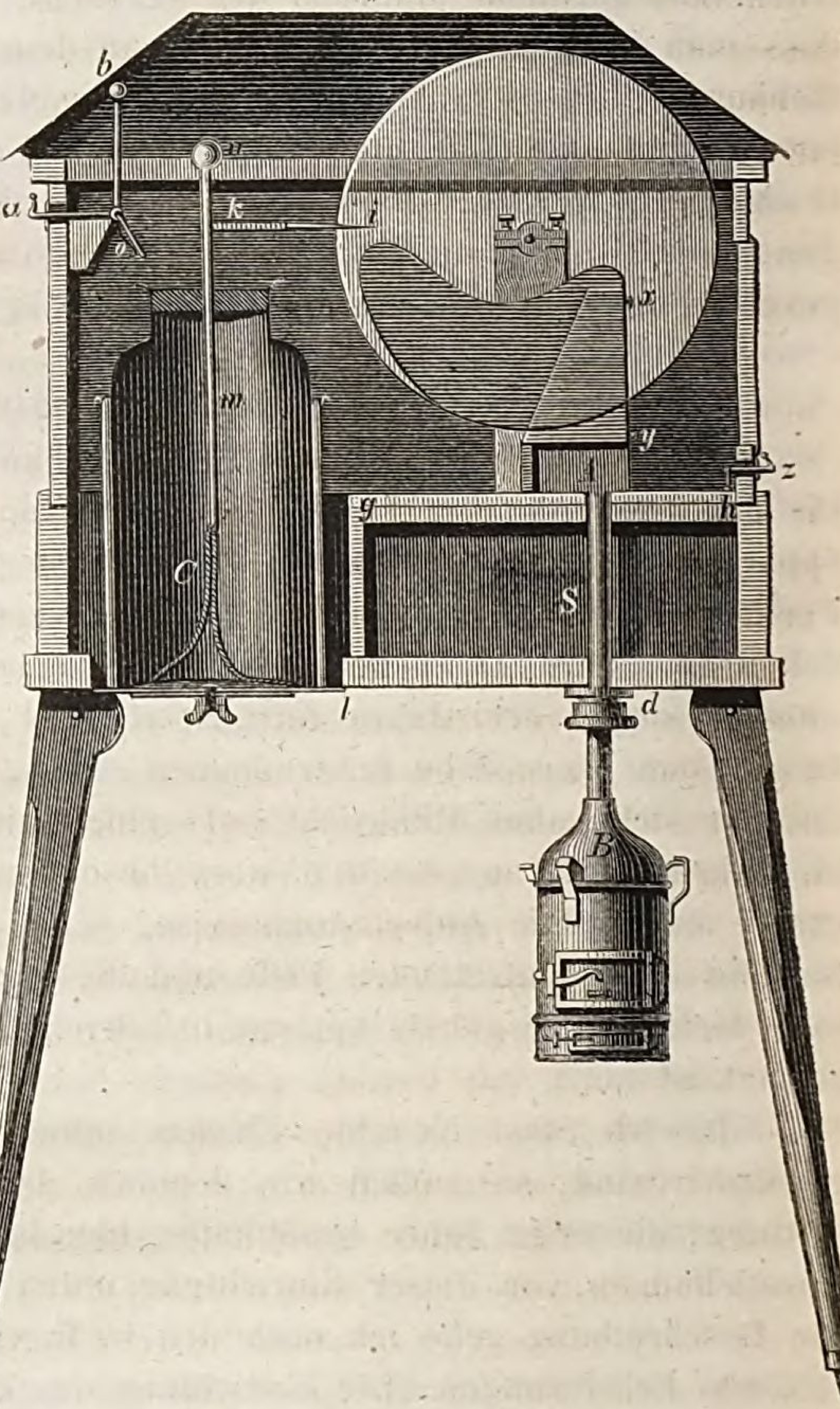


Fig. 91.



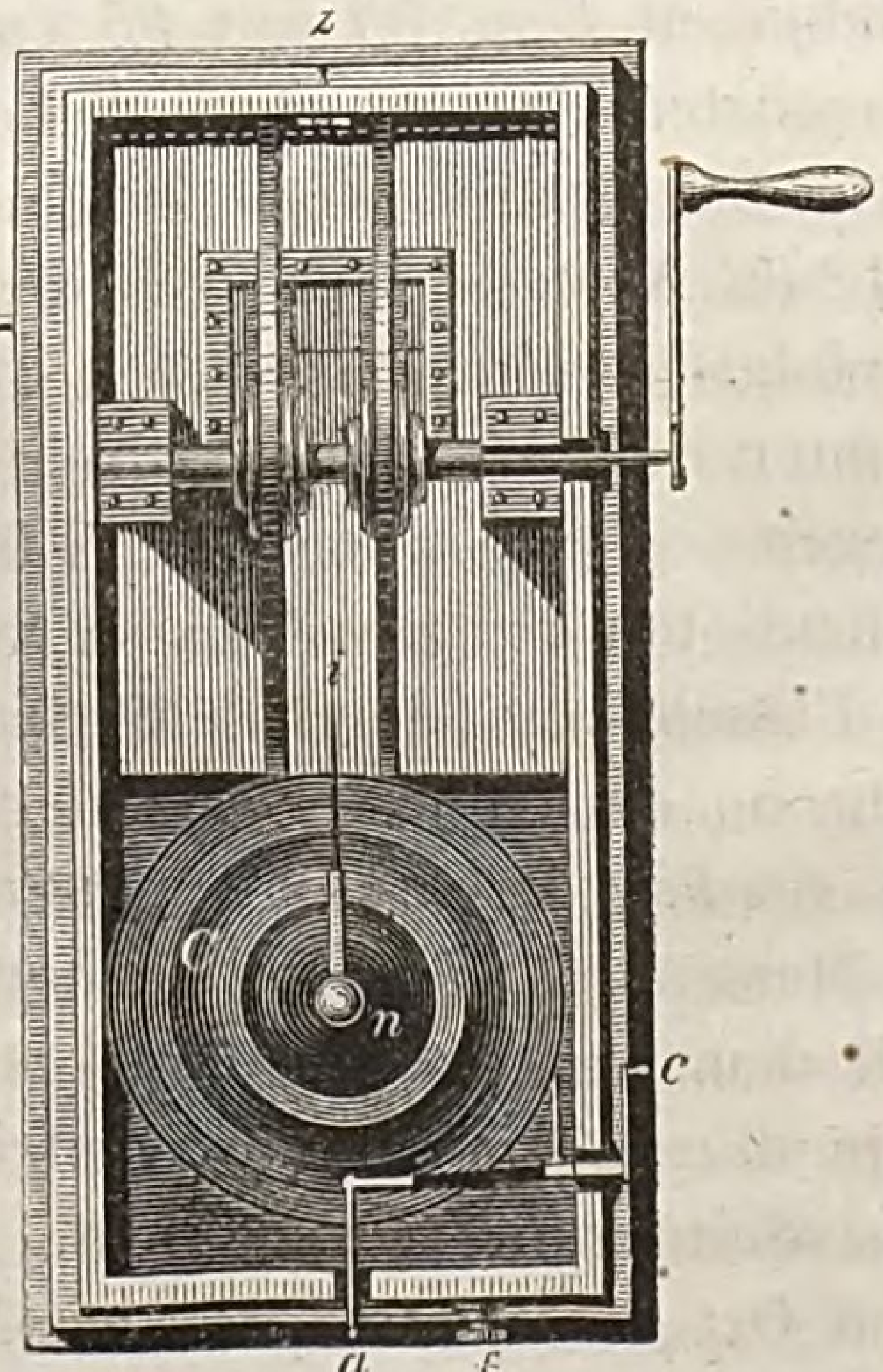


Fig. 92.

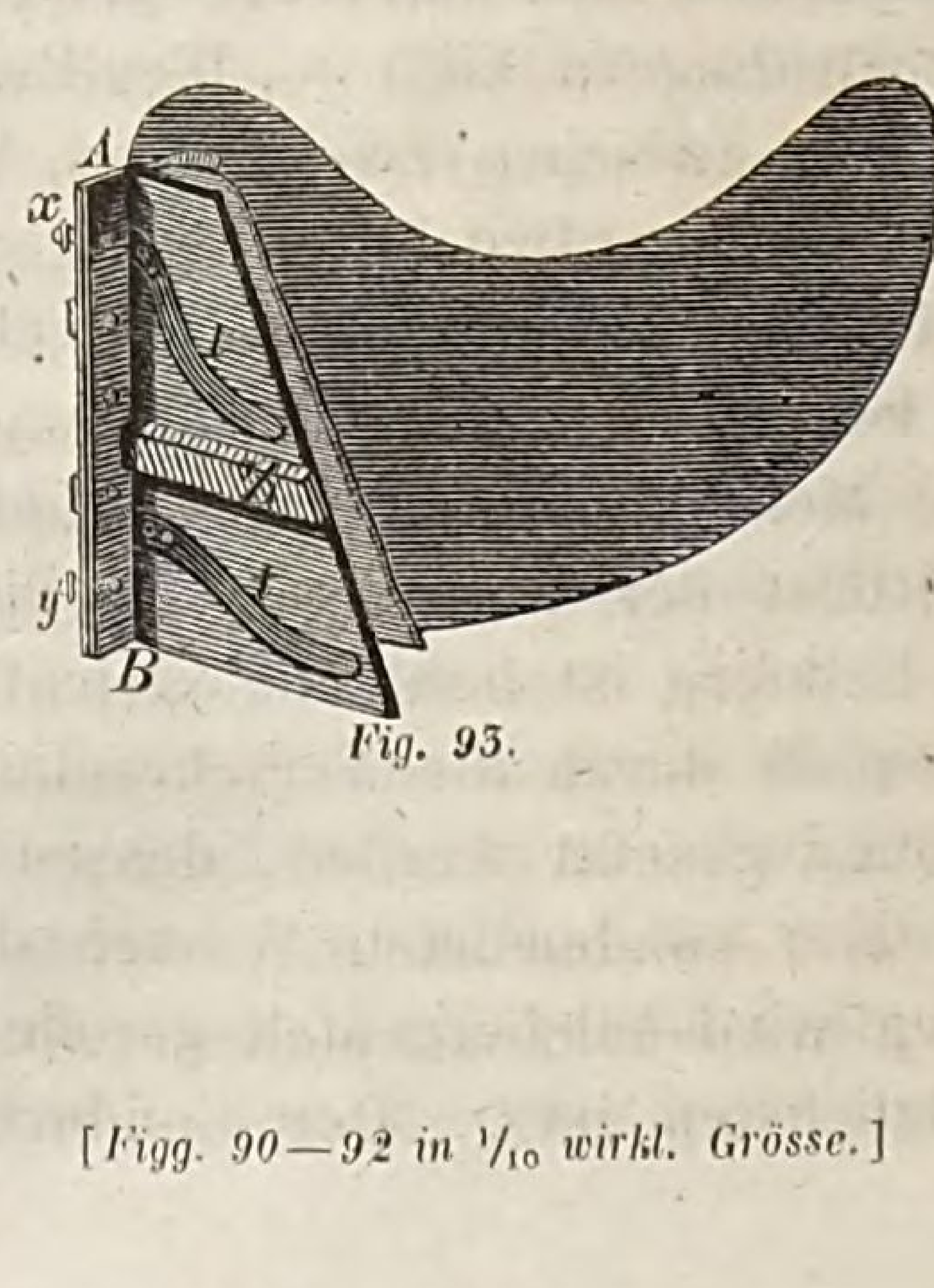


Fig. 93.

[Figg. 90—92 in $1/_{10}$ wirkl. Grösse.]

unabhängig von letzterem aufgestellt, sondern ist unmittelbar mit dem Ladungsapparate verbunden. Letzterer besteht aus einer Leydener Flasche, deren Einrichtung und Verbindung mit dem Apparate bei *G* (*Figg. 91* und *92*) ersichtlich ist. Die Flasche ist nämlich — durch Flanell geschützt — in eine Büchse aus lackirtem Blech eingesetzt und mit dieser an eine Eisenplatte festgeschraubt, welche durch eine Leitung *l g h* (*Fig. 91*) sowohl mit dem Reibzeuge als auch mit dem beweglichen Häkchen *h* metallisch zusammenhängt. Die äussere Belegung der Leydener Flasche, deren Grösse 276 Quadrat-Zoll beträgt, steht daher mit den genannten Bestandtheilen in leitender Verbindung. Bekanntlich soll der Conductor an der Stelle, an welcher er mit der Scheibe in nächster Berührung steht, so eingerichtet sein, dass er die influencirende Wirkung der letzteren immer mehr unterstützt und begünstiget. Bei gewöhnlichen Elektrisirmaschinen ist daher jener Theil plattenförmig und auf der der Scheibe zugewendeten Seite mit Saugspitzen versehen, weshalb auch dieses Ende des Conductors, dessen Wirkung aus den Lehren des §. 6 klar wird, der Sauger, auch Einsauger genannt wird. In dem vorliegenden Falle besteht der Einsauger bloss in einer Stahlspitze *i*, die etwa 1 Zoll tief in den Zwischenraum beider Scheiben hineinragt, und in den Seitenarm des Conductors *k* verschoben werden kann. Der letztere besteht hier bloss aus der Messingröhre *k* und dem oben beschriebenen Fortsatz *n m* des inneren Beleges der Flasche. Der Messingstab *n m* ist in eine Platte aus Hartkautschuk beweglich eingelassen, welche zugleich den Verschluss der Flasche bildet.

Die Maschine ist während ihres Gebrauches stets von einem Gehäuse umgeben, das man theilweise in *Fig. 90*—*92* schon erblickt, in *Fig. 94* und *95* (S. 328 und 329) aber vollständig eingesehen werden kann. Die Wände dieses Gehäuses bestehen aus starkem Leder, das Dach ist aus Blech gearbeitet. Die Einrichtung desselben gestattet den Zündapparat in die Leitung einzuschalten, die Leydener Flasche zu laden und zu entladen, ohne dass ein Oeffnen oder Abheben des Gehäuses erforderlich wird. Der messingene Haken *a* (*Fig. 91* und *94*) steht zu dem Ende mit dem Arm *b* in Verbindung, welcher durch Drehung des isolirten Hebels *c* mit dem Knopfe *n* der Flasche in Berührung gebracht werden kann, sonst aber, unter der Wirkung einer innen liegenden Feder *o*, wieder in seine frühere Stellung zurückkehrt. Andererseits ist das Häkchen *h* (*Fig. 91*) in eine Oese eingelegt, welche mit dem Haken *z* (*Fig. 91* und *Fig. 95*) metallisch zusammenhängt. Solchergestalt bildet *z* die Fortsetzung der äusseren Belegung der Flasche, während *a* mit deren innerem Belege verbunden werden kann. Verbindet man daher *a* mit *z* durch einen passenden Schliessungsbogen, so kann man mittelst des Hebels c die Entladung der an den Belegen der Flasche angesammelten Elektricitäten bewerkstelligen; v. Ebner nennt *a* den Luft-, *z* den Erdhaken, weil in ersteren die vom Boden isolirte, in *z* die Leitung eingelegt wird, die mit dem Boden verbunden sein kann, von jener aber isolirt sein muss.

Um sich vor dem wirklichen Gebrauche des Apparates von dem ihm entsprechenden Zustande zu überzeugen, kann man den Funkenzieher *f* (*Fig. 94*) benutzen, welcher durch eine in der Gehäusewand liegende Leitung

mit z (also auch mit dem äusseren Belege der Flasche) in Verbindung steht. Ruht sein beweglicher (vielmehr drehbarer) Arm auf a, so erfolgt die Entladung

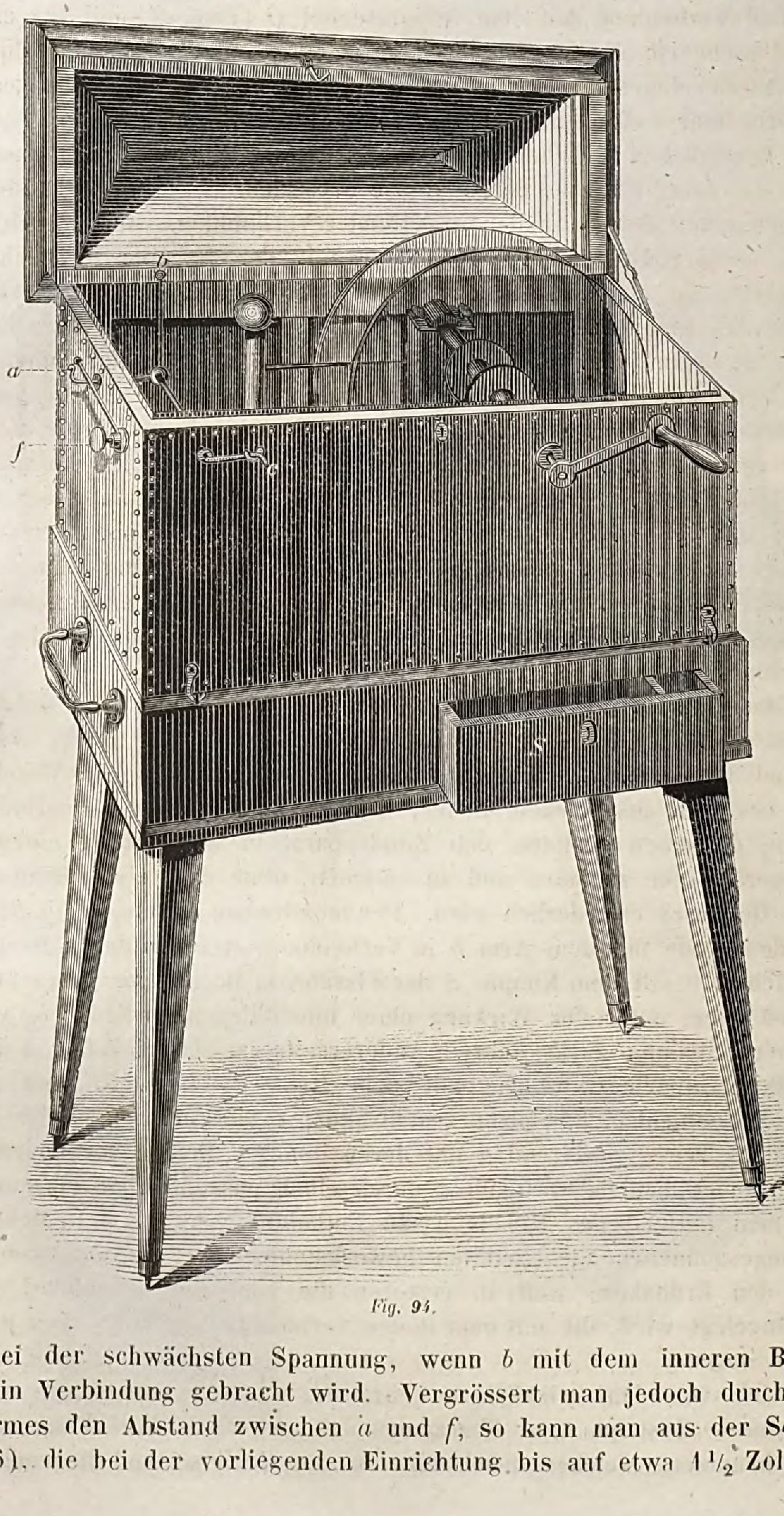


Fig. 94.

selbst bei der schwächsten Spannung, wenn b mit dem inneren Belege der Flasche in Verbindung gebracht wird. Vergrössert man jedoch durch Drehung jenes Armes den Abstand zwischen a und f, so kann man aus der Schlagweite (s. S. 26), die bei der vorliegenden Einrichtung bis auf etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll kommen

kann, den Zustand des Apparates vor seinem Gebrauche beurtheilen. Nachdem nun die Einrichtung des Oesterreichischen Minen-Zündapparates beschrieben worden ist, so mag nur noch bemerkt werden, dass seine äussere Ausstattung es gestattet, denselben bequem überall aufstellen zu können, und wozu, wie insbesondere aus *Fig. 94* und *Fig. 95* zu ersehen ist, die um Scharniere beweglichen Füsse dienen, die beim Transporte des Apparates eingeschlagen werden. —

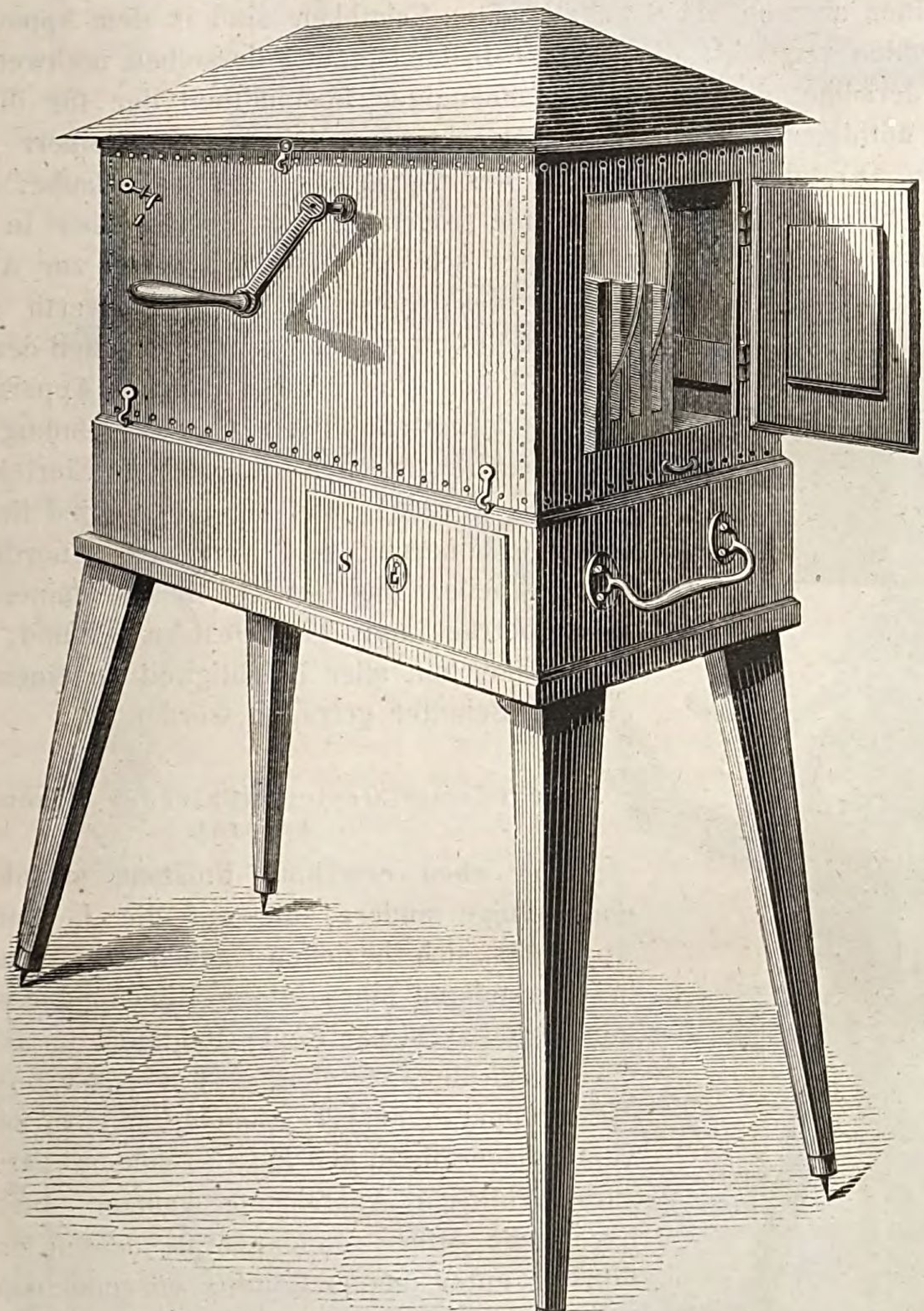


Fig. 95.

Will man vor dem unmittelbaren Gebrauche des Apparates nochmals die Scheiben reinigen, so ist die Abhebung des Gehäuses, dessen Verbindungsweise mit dem hölzernen Fussgestell der Maschine in *Fig. 94* und *95* sichtbar ist, nicht nöthig; ebenso kann man zu dem Reibzeuggestell und zu den Reibkissen, wie *Fig. 95*

zeigt, kommen, ohne den Apparat bloss zu legen. Ueberhaupt ist der Apparat von allen Seiten so eingeschlossen, dass nicht leicht ein Luftwechsel oder eine Berührung mit der umgebenden Atmosphäre eintreten kann, wenn der Deckel des Gehäuses nicht geöffnet wird. Gerade diese Umstände sind es aber, welche, wenn sie in gehöriger Weise begünstiget werden, die Brauchbarkeit des in Rede stehenden Apparates ungemein erhöhen. —

In einer eigenen bei *S* angebrachten Schublade sind in dem Apparate selbst alle Utensilien verpackt, die bei der Instandsetzung desselben nothwendig sind, so dass derselbe als ein ganz unabhängiger Bestandtheil der für die Minenzündung nöthigen Vorrichtungen betrachtet werden kann. Freiherr v. Ebner sagt (a. a. O.), dass das Gewicht des Apparates zwar es erlaube, denselben auf kurze Strecken von einem Manne tragen zu lassen, dass aber in manchen Fällen, insbesondere, wenn man einen schwer zugänglichen Ort zur Aufstellung habe, eine tragbarere Einrichtung des Apparates wünschenswerth sei. Für solche Fälle, in welchen man einen Theil der Leistung opfern könne, hat v. Ebner seinem Apparate die in *Fig. 96* dargestellte Form und Ausdehnung gegeben. Es ist hiebei die oben beschriebene Einrichtung beibehalten worden, „und der Unterschied liegt nur in der Verkleinerung und verticalen Anordnung der Bestandtheile. Das Gewicht dieses kleineren Apparates beträgt nur 17 (Oesterr.) Pfund; derselbe kann daher mit aller Leichtigkeit an einem Riemen auf der Schulter getragen werden“.

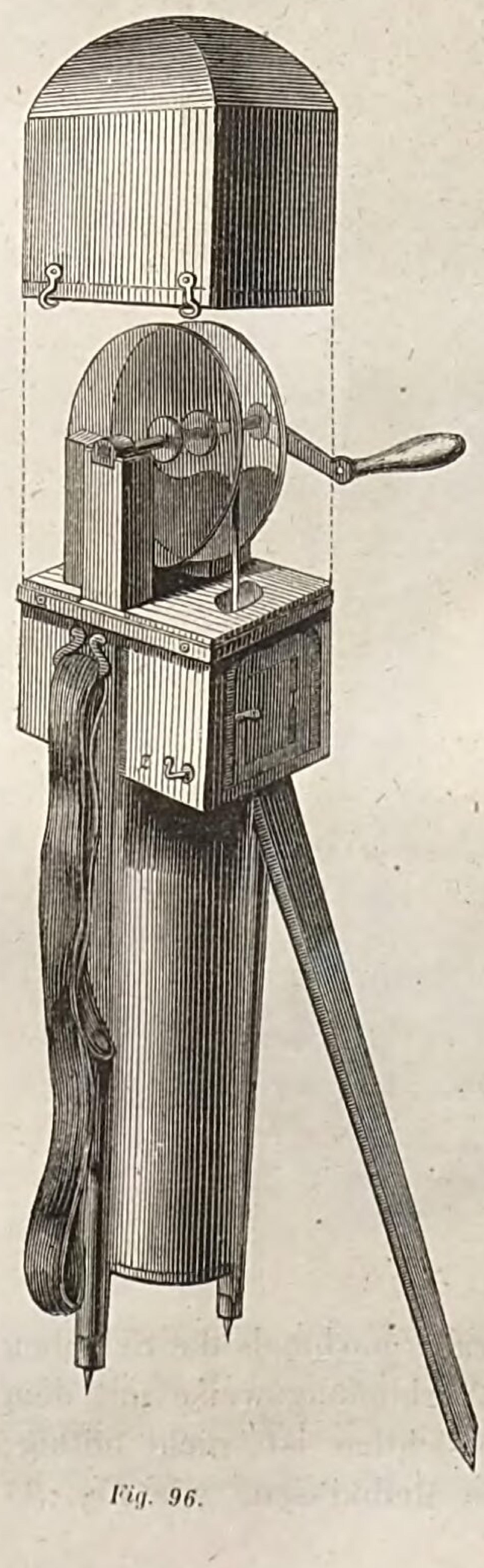


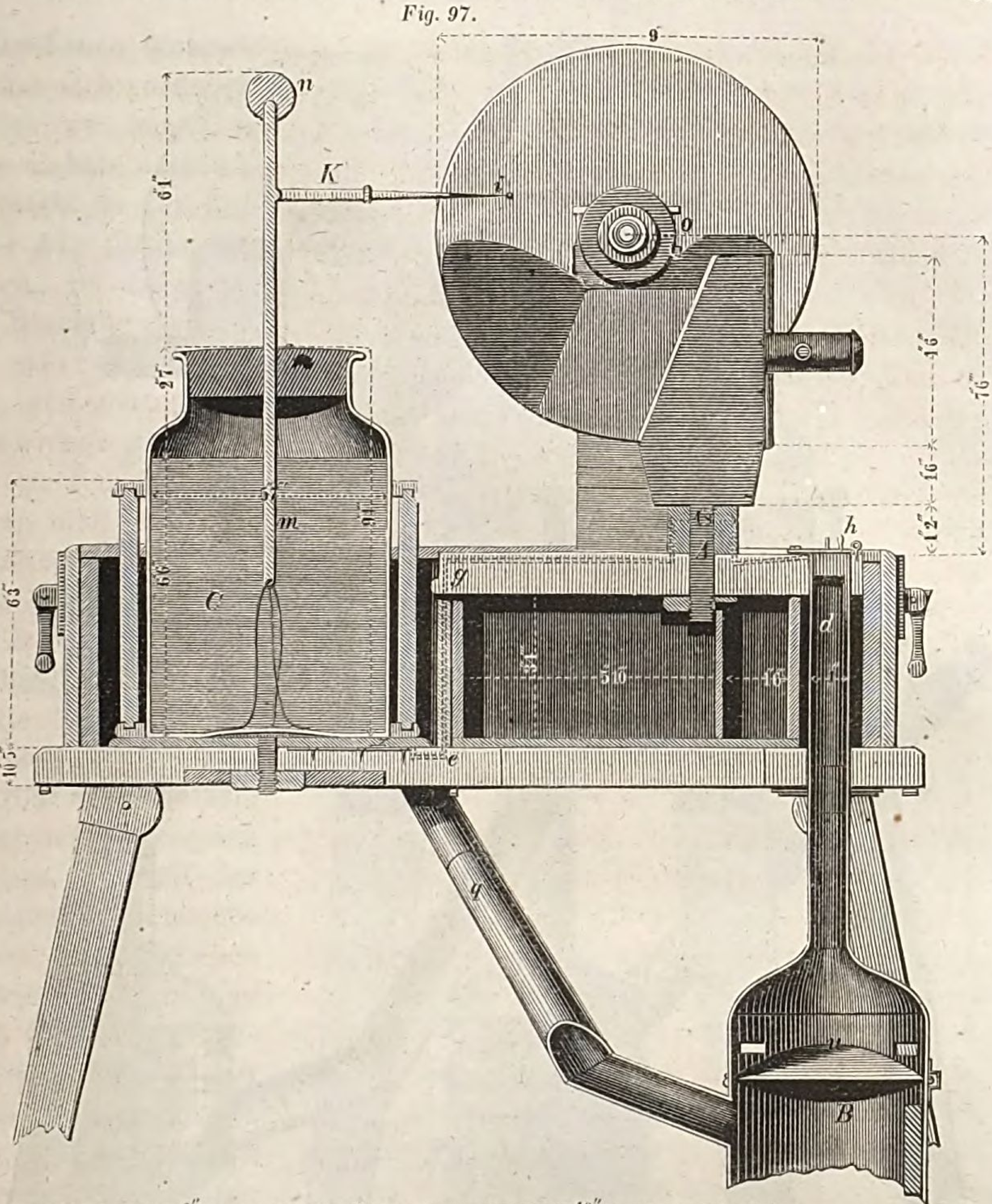
Fig. 96.

Abgeänderter Oesterreichischer Minen-Zündapparat.

Der eben erwähnte Umstand sowohl, sowie noch einige andere, die auf die Leistungen des Apparates sich beziehen, gaben die Veranlassung, bei Herstellung eines Minen-Zündapparates für das königlich bayerische Genie-Regiment im Jahre 1857 nach einem hiezu zu Gebote gestandenen v. Ebner'schen Musterapparat, mehrere Abänderungen vorzuschlagen, von welchen die in den *Figg. 97* bis *100* dargestellten zur wirklichen Ausführung kamen. Dieser neue bayerische Minen-Zündapparat, dessen erste Ausführung unter meiner Leitung vorgenommen worden ist, ist in allen seinen Theilen nachfolgend abgebildet.

Da dieser neue Apparat aus dem vorher beschriebenen, der Hauptsache nach, entstanden ist, und mit jenem auch im Wesentlichen gleiche Einrichtung hat, so halte ich es nicht für nöthig, eine genaue Beschreibung desselben vorzunehmen, sondern

Fig. 97.



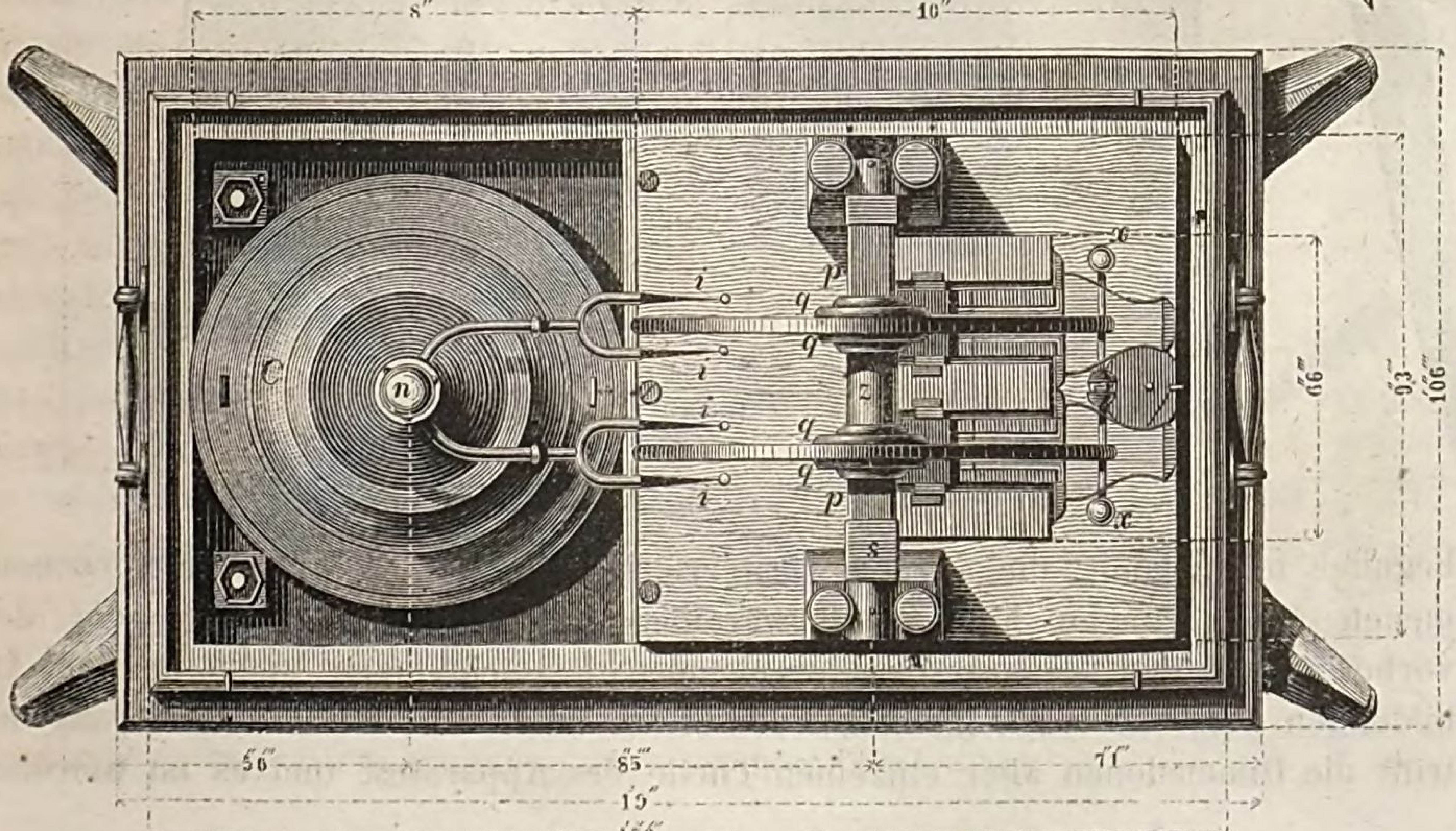


Fig. 98.

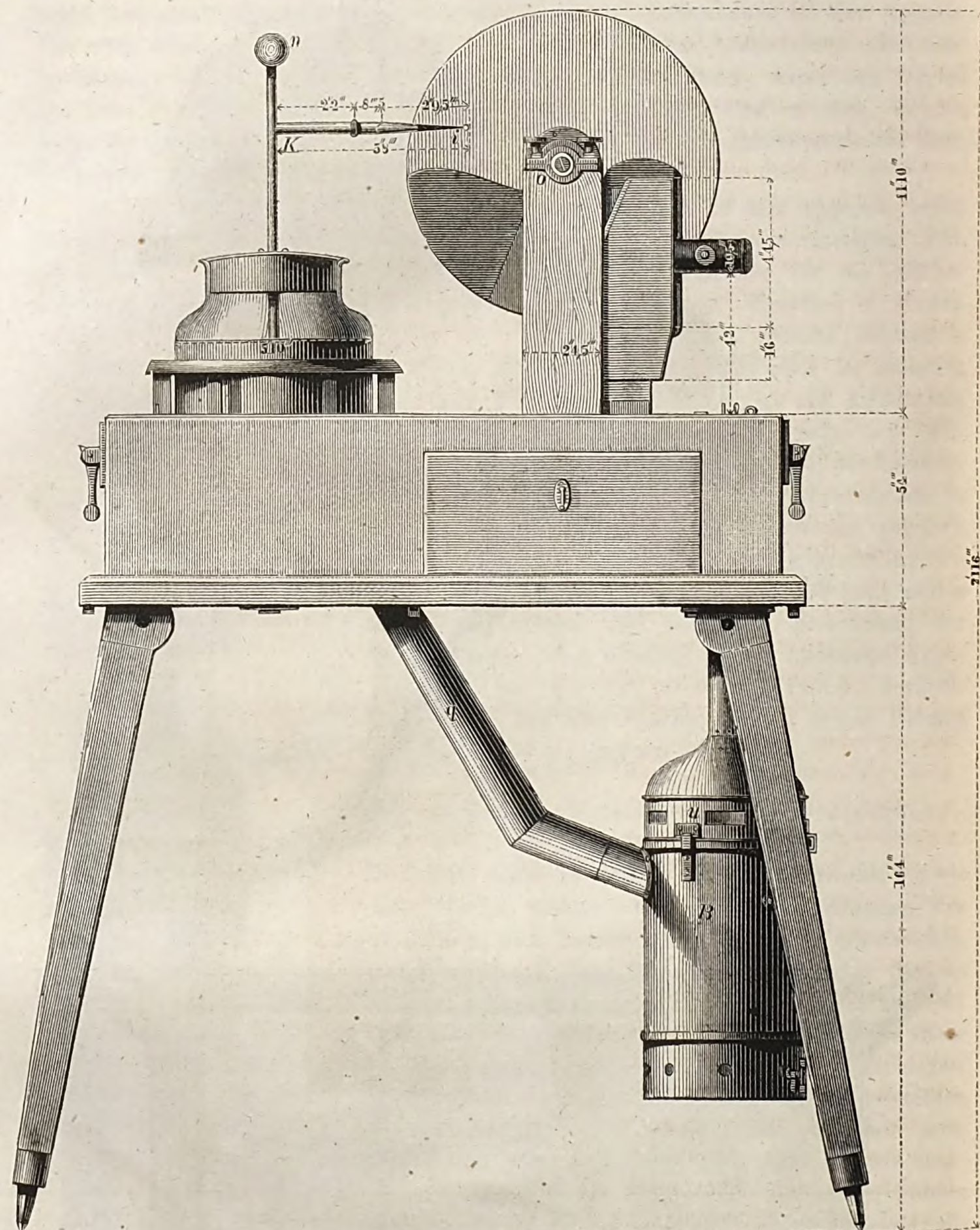


Fig. 99.

begnüge mich damit, die an dem Oesterreichischen Muster-Apparate vorgenommenen Abänderungen hier zu beschreiben, während im Uebrigen die dem vorher erwähnten Apparate entsprechenden Bezeichnungen auch in den Abbildungen *Figg. 96—101* beibehalten worden sind. Die erste Abänderung betrifft die Dimensionen aller einzelnen Theile des Apparates, und es ist hierüber,

da die sämmtlichen Maasse * eingeschrieben sich vorfinden, nichts weiter zu bemerken nöthig. Die nächste neue Anordnung besteht in der Einrichtung der Axe für die beiden Scheiben. Da das ganze Gestell der Maschine aus Holz, zwar aus sehr gut ausgetrocknetem, gefirnisstem und polirtem Ahornholz, aber dennoch nicht ausreichend isolirend ist, so hielt ich es für nöthig, die Axe aus einem Isolator anzufertigen. Bei einem früher (im Jahre 1855) unter meiner Leitung angefertigten Zündapparate, liess ich ** daher eine etwa $1\frac{1}{2}$ Linien dicke Glasröhre mit einem gut ausgetrockneten hölzernen Kern versehen, der mit der Glasröhre dadurch verbunden wurde, dass der zwischen dem cylindrischen Kern und der inneren Röhrenwand befindliche Zwischenraum mit geschmolzenem Schellack in vorsichtiger Weise ausgefüllt wurde. Dieser Cylinder wurde damals als Welle für die beiden Scheiben benutzt, und zu dem Ende in passender Weise mit der Scheibe vereiniget, und in geeignete mit geschmolzener Guttapercha ausgefütterte Lager versetzt. Bei der neuen Anordnung waren solche Maassnahmen um so mehr nothwendig, als

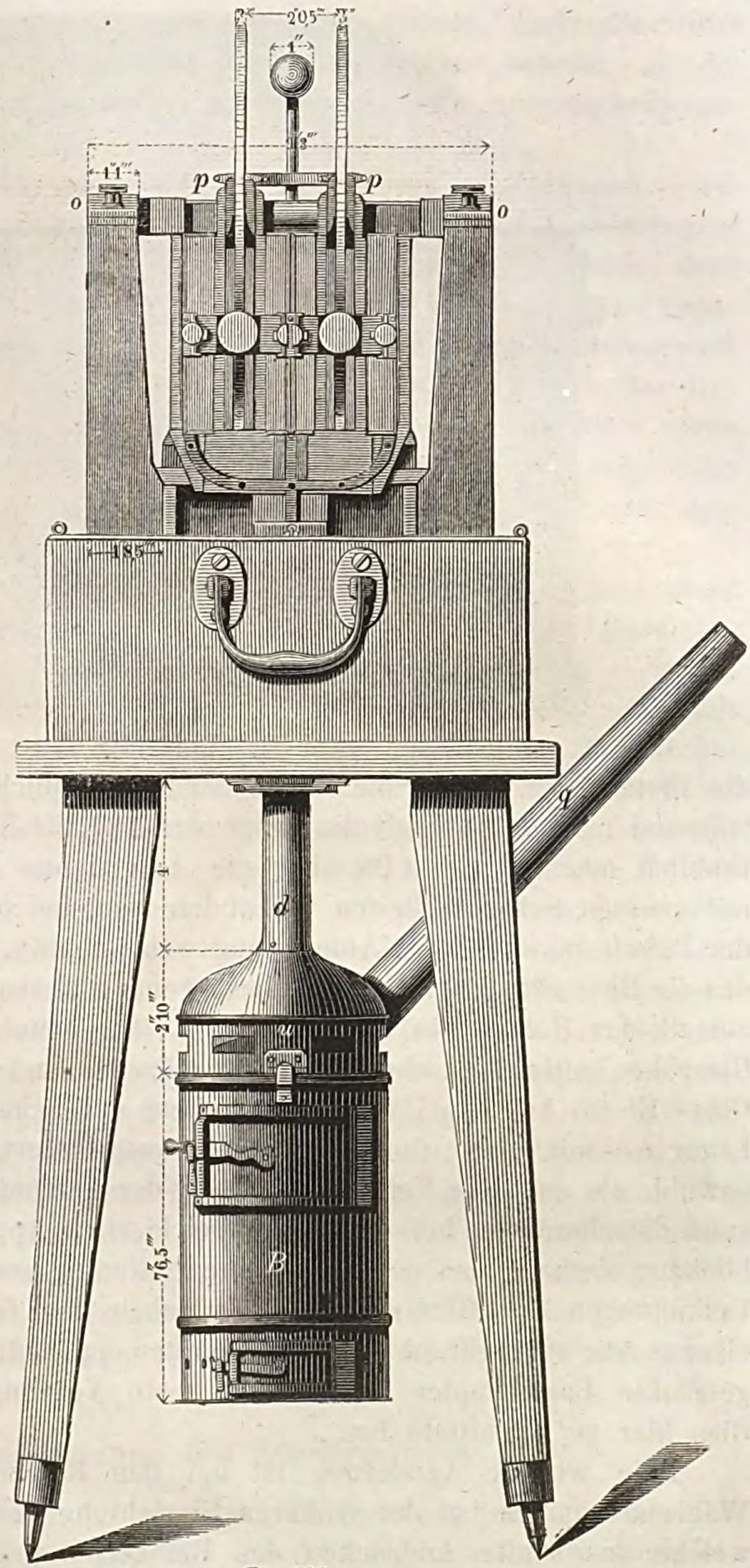


Fig. 100.

* Auch in diesem Abschnitte werden dieselben Maasseinheiten, wie im vorigen, wenn eine Abweichung nicht besonders angedeutet sich findet, beibehalten, und zwar das auf den alten Pariser Fuss begründete Maasssystem.

** Ich habe hierüber, sowie über manche andere wünschenswerthe Anordnungen in einer Abhandlung, die ich schon im 1. Citate näher bezeichnet habe, in ausreichender Weise berichtet.

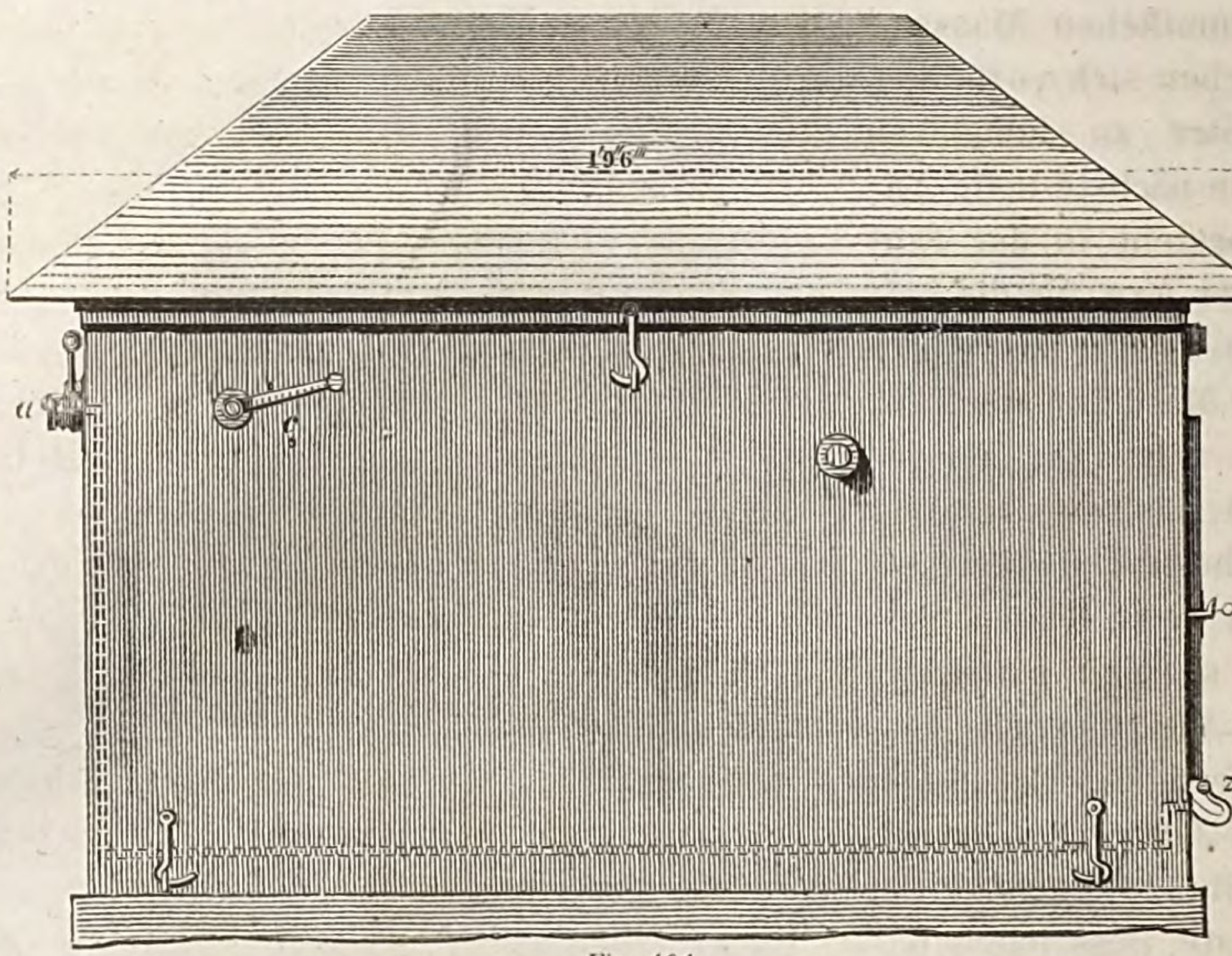


Fig. 101.

die Distanz der Lager, die Länge der Axe nämlich nur 9 Zoll 3 Linien beträgt, während man bekanntlich die Länge der Axe für Elektrisirscheiben so gross als thunlich machen soll. Da aber die Anfertigung der eben erwähnten Holzaxe mit grossen Schwierigkeiten verbunden war, indem das Gelingen derselben von der Behutsamkeit bei der Anfertigungsweise abhing, so wurde diesmal auf Wunsch des die Herstellung der Apparate besorgenden Mechanikers (Dietsche in München) anstatt des Holzes ein Eisenkern (*Fig. 98*) benutzt, der mit der umgebenden Glasröhre mittelst geschmolzenen Siegellackes in Verbindung gesetzt wurde. Die Glas- Eisen-Axe (*pp*) wurde ausserdem mit Schellackfirniss bekleidet, und die Lager *oo* mit einer Guttaperchahülle ausgefüttert. Die Anordnung der Lager sowohl, als auch die Verbindungsweise der Axe mit den Scheiben ist ausserdem ganz dieselbe, wie bei dem Oesterreichischen Apparate (s. *Figg. 90—92*) geblieben, weshalb also *qq* messingene Platten, *z* und *s* (*Fig. 98*) aber messingene Umhüllungen der Glasaxe sind. Zwischen den Glasscheiben und den an die eiserne Axe angeschraubten Messingplatten *qq* befindet sich eine in Gummiwasser getränkte Lage Papier, welche die feste Vereinigung zwischen Messing und Glas hier zu vermitteln hat.

Eine weitere Aenderung ist bei den Reibzeugen vorgenommen worden. Während nämlich bei der früheren Einrichtung (*Fig. 93*) die Federn *t*, *t*, durch welche das sanfte Andrücken der Reibkissen gegen die Glasscheiben zu geschehen hat, einmal angebracht, nicht mehr leicht regulirt werden können, so gestattet die Anordnung, wie sie (in den *Figg. 98* und *99*) bei *x* sichtbar ist, und wo nämlich jedes Reibzeugpaar durch grosse gebogene Messingfedern aneinander gedrückt werden, die selbst wieder durch die Schrauben *x* mehr oder weniger geöffnet werden können, den Druck von Reibzeug gegen Scheibe ganz nach Belieben zu regeln. Ueberhaupt habe ich bei der Anordnung der Reibzeuge,

die übrigens im Allgemeinen gerade so construirt, gefasst, und unterstützt sind, wie bei der früheren Einrichtung diess beschrieben wurde, an die von VAN MARUM [40] hierüber mitgetheilten Erfahrungen mich grossentheils gehalten.

Für den Conductor wurde, wie man aus *Fig. 97* bis *99* erkennen wird, keine andere Aenderung vorgenommen, als dass statt einer einfachen Saugerspitze (*Fig. 92*) ein Saugerpaar für jede Scheibe so angebracht wurde, dass man die Annäherung und Entfernung der Spitzen von den Scheiben leicht reguliren kann. Die Flasche befindet sich in einem geeignet gefütterten Holzgestell, die Grundfläche ihres äusseren Beleges steht mit einem in den Boden des Gestelles eingelegten messingenen Ring in Berührung, welch' letzterer durch einen breiten Kupferstreifen, dessen Richtung und Lage bei lgh (*Fig. 97*) angedeutet ist, mit dem Metallringe des Reibzeughalters sowohl, als auch mit dem Haken h in metallischer Verbindung steht.

Endlich wird bezüglich der Erwärmungs-Vorrichtung bemerkt, dass diese von ganz derselben Einrichtung ist, wie sie bei dem als Muster benutzten Oesterreichischen Apparate vorgefunden worden ist. B ist ein kleiner — unten mit einem Rost versehener blecherner Ofen, der entweder mit Holz oder mit Kohlen gefeuert werden kann. Der Heizraum ist oben durch einen Blechdeckel verschlossen, und an der Seite mit dem Abzugsrohr q der Verbrennungsproducte versehen. Der über dem Deckel aufgesetzte Dom steht bloss mit der äusseren Luft in Verbindung und die an letzteren angebrachte Röhre d wird in der (*Fig. 97*, *99* und *100* deutlich) angegebenen Weise mit dem inneren Raum des Apparates in Verbindung gebracht. Hiebei wird also, wenn der Ofen geheizt ist, bloss die unterhalb d einströmende Luft erwärmt in den Maschinenraum gelangen und die Scheiben innerhalb kurzer Zeit in den trockenen Zustand versetzen können. Ist das Austrocknen der Scheiben etc. vor sich gegangen, so verschliesst man den bei h (*Fig. 97*) befindlichen Messingschieber, der die leitende Verbindung zwischen Reibzeug und dem Haken z (*Fig. 101*) herzustellen hat. Dieser Schieber bleibt mit dem Häkchen h in Verbindung, jedesmal wenn man die Zündung vornehmen will. Der Ofen B ist bloss während eines allenfalls nöthig gewordenen Erwärmens an der hier angezeigten Stelle; gewöhnlich steht er mit dem Apparate gar nicht in Verbindung, sondern ist nur für eventuelle Fälle in einem eigenen Behälter der gemeinschaftlichen Transportkiste aufbewahrt.

§. 64. Instandsetzung des Zündapparates.

Obgleich über die Einrichtung der einzelnen Theile eines jeden elektrischen Zündapparates schon früher (§. 61 und 62) das Nöthige erwähnt worden ist, so möchten doch einige Bemerkungen, die speciell die im Vorhergehenden beschriebenen Apparate betreffen, nicht unnöthig sein.

Bei der Instandsetzung des Apparates hat man alle oben hierüber angegebenen Regeln in gehöriger Weise zu berücksichtigen. Man hat daher vor allem den ganzen Apparat unter Hinwegnahme des Gehäuses zu zerlegen, die Reibzeuge in den gehörigen Zustand zu versetzen, die Scheiben zu reinigen und

zu trocknen, die Reibzeuge wieder einzusetzen, und das Trocknen der Scheiben unmittelbar vor dem Verschliessen des Apparates zu wiederholen.

Wie das Herrichten der Reibzeuge zu geschehen hat, ist früher schon erörtert worden. Ist der Apparat einige Zeit in Gebrauch gewesen, so reicht es oft aus, anstatt das Bestreichen der Kissen mit Amalgam zu erneuern, bloss ein Reibzeugpaar mit ihren metallischen Flächen an einander zu reiben, und auf diese Weise die Reiber gleichsam wieder aufzufrischen.

Das Reinigen der Scheiben geschieht am besten dadurch, dass man, während sie in Drehung versetzt werden, dieselben mittelst eines starken Schafleders, das mit etwas geschlemmter Kreide vorher bestreut, und hierauf mit beiden Händen fest an die Glasflächen angedrückt wird, reibt. Nach dem Abreiben kann man, wenn durch diese Manipulation alle Unreinigkeiten von den Scheiben verschwunden sind, die letztern unter andauerndem Drehen mittelst eines Stückes Flanell oder gewöhnlichen Seidenzeuges wiederholt abreiben, um dieselben so in den möglich reinsten Zustand zu versetzen und dabei zu trocknen. Das Feuchtwerden der Scheiben kann man auf kurze Zeit verhüten, wenn man nach Münch[41] jede Scheibe nach der Richtung zweier — etwa senkrecht aufeinander stehender — Durchmesser mit einem Stücke reinen Talges bestreicht. Durch dieses einfache Verfahren kann man auch eine Elektrisirscheibe, wenn sie etwas feucht geworden ist, wieder in den wirksamen Zustand versetzen.

Ausser diesem Mittel möchte es noch sehr zweckmässig sein, das anzuwenden, dass man jede Scheibe im erwärmten Zustande von Zeit zu Zeit mit einem ganz leichten Hauch eines Bernsteinfirnisses überzieht.

Dass übrigens ein sorgfältiges Verschliessen des ganzen Apparates in der Weise, wie diess bei den v. Ebner'schen Einrichtungen der Fall ist, ausreicht, um auf lange Zeit denselben im wirksamen Zustand zu erhalten, davon habe ich durch mehrfache Versuche mit einem unter v. Ebner's Leitung ausgeführten Zündapparat in den Monaten November und December 1856, dann im Januar 1857 mich zu überzeugen Gelegenheit gehabt. Von diesen Versuchen will ich einige der hierauf bezüglichen Wahrnehmungen hier mittheilen. Bei der ersten und zweiten Versuchsreihe war der Apparat jedesmal zuerst in einem gut geheizten Lokale, wo die Temperatur beiläufig + 16° R. war, aufgestellt, und wurden mehrere Zündversuche durch Sprengung von Patronen, die in einem angrenzenden Hofe eingegraben waren, und wobei eine in der Luft ausgespannte Leitung aus Messingdraht von 1800 bayer. Fuss Länge einerseits, die fast zwischen Zündapparat und Object befindliche Erdstrecke andererseits benutzt wurde, vorgenommen.

Hierauf kam die Maschine ins Freie, wo während der ersten Versuchsreihe die Temperatur + 1°,0 R. bei der zweiten dieselbe etwa — 1°,0 R. im Mittel stattfand, und trotzdem, dass jedesmal entweder etwas Regen oder Schnee fiel, leistete der Apparat während mehrstündiger Dauer der Versuche seine Dienste.

Bei der dritten Versuchsreihe befand sich der Apparat zwar wieder im Freien, er war aber vorher etwa 24 Stunden — mit verschlossenem Gehäuse — in einem kalten, kellerartigen Lokale (nämlich in einem sehr feuchten chemischen Laboratorium) neben einem Brunnen mit laufendem Wasser aufgestellt gewesen.

Die Zündungen erfolgten aber dennoch, so lange der Apparat im Freien verblieb, ganz sicher; erst dann, als er in das geheizte Lokal gebracht worden war, versagte derselbe seine Dienste so lange, bis die nunmehr mit Feuchtigkeit beschlagenen Scheiben durch Anwendung der Wärmevorrichtung gehörig getrocknet worden waren. — Eine weitere unter den vorgenommenen Versuchsreihen hatte ebenfalls den Zweck, den Einfluss der Feuchtigkeit der umgebenden Atmosphäre auf die Wirksamkeit des Apparates zu prüfen. Es wurde nämlich zu dem Ende der letztere in eine Wassergallerie versetzt, an deren Sohle die Wasserzuflüsse zu einem Brunnenhause gesammelt sich befanden. Der Querschnitt der Gallerie war gerade so gross, dass man ohne Mühe noch den Apparat — bei eingeschlagenen Füssen — in dieselbe versetzen konnte. Als man nach Verlauf von etwa 30 Stunden den Apparat herausnahm, und mit demselben das Zünden einer Reihe von Patronen vornehmen wollte, zeigte sich die Elektricitätsentwickelung anfänglich zu gering; hingegen nach etwa 5 Minuten, nachdem die Drehung der Scheiben öfters wiederholt worden, und eine schwache Erwärmung durch directe Einwirkung des Sonnenlichtes eingetreten war, gelang jeder der nachher vorgenommenen Versuche.

Ferner erwähne ich noch, dass die Wirksamkeit des Apparats, nachdem derselbe fast einige Stunden bei einer anderen Reihe von Versuchen im Freien aufgestellt gewesen war, fast dieselbe blieb, wie im erwärmten Zimmer, obgleich während der Versuche die Temperatur im Mittel nur $-5^{0},0$ R. war, und die sonstigen Witterungsumstände den Versuchen nicht günstig waren.

Ebenso erwähnt v. Ebner, „dass die Leistungen des Apparates unter allen Umständen den gestellten Anforderungen vollkommen entsprechend waren, und dass trotz dem zufälligen Eintreten oder dem absichtlichen Aufsuchen solcher Verhältnisse, welche man als höchst ungünstig zu bezeichnen gewohnt ist, ein Versagen der Wirkung niemals stattfand; dieselbe sei genügend geblieben im strömenden Regen — im dichten Nebel — an feuchten Orten, und nur bei strenger Kälte, wo das Erstarren der fetten Reibflächen den Act der Reibung beeinträchtigte, war die Anwendung der Erwärmungs-Vorrichtung von Nutzen [42]". Diese günstigen Ergebnisse hat man nur dem Umstande zu verdanken, dass der Apparat während des Gebrauches stets von einer doppelten Lederhülle zum grössten Theile umschlossen, und überhaupt ganz und gar eingehüllt bleibt. Diese Hülle übt in mehrfacher Beziehung ihre günstigen Einflüsse auf die Wirksamkeit des Apparates aus. Vor allem ist die Berührung der elektrisirten Scheibe sowohl, sowie die des Conductors (der hier beständig mit dem inneren Belege der Flasche leitend verbunden bleibt) mit der Luft nur in sehr beschränkter Weise hergestellt. Da ein elektrisirter Körper um so leichter seine Elektricität verliert, je mehr derselbe mit der umgebenden Atmosphäre in unmittelbarer Berührung steht, und je mehr leitend die letztere ist, so wird in dem vorliegenden Falle die während der Drehung der Scheiben angesammelte Elektricität nicht so rasch abgeführt werden können, als wenn die Scheiben ganz bloss gelegt wären. Ferner ist aus Erfahrung bekannt, dass die Menge des in Nebel oder Dampfform in einem auch nicht einmal luftdicht abgeschlossenen Raume enthaltenen Wassers mit der der äusseren Luft niemals gleich ist, sondern

dass im Allgemeinen, selbst bei gleicher Temperatur der äusseren Luft und des abgeschlossenen Raumes, in letzterem der Dampfdruck grösser als jener der Luft ist, dass hingegen hier die in Nebelbläschenform schwebende Wassermasse, also auch der Feuchtigkeitszustand, grösser als in abgeschlossenen Räumen ist. Eine abgeschlossene Luftmasse ist daher gewöhnlich relativ trockener, als die sie umgebende Atmosphäre. Es wird daher auch der Erregungsapparat in seiner Hülle immer trockener sein, als diess unter sonst gleichen Umständen in der freien Atmosphäre der Fall wäre. Endlich wird jene Hülle noch dadurch günstig einwirken, dass sie den in ihr enthaltenen Luftschichten keine Veranlassung zur Bewegung zulässt, insbesondere wenn dieselbe so ausgestattet ist, dass ihre Wände die Wärmeleitung nicht begünstigen und diese ausserdem so beschaffen sind, dass sie die sowohl in der eingeschlossenen, als auch in der äusseren Luft enthaltene Feuchtigkeit verdichten, ohne dabei eine Vereinigung dieser verschiedenen Luftschichten zuzulassen. Wenn man daher einen der Zündapparate, wie sie im Vorhergehenden beschrieben worden sind, in den gehörigen Zustand versetzt, den inneren Raum derselben dabei mässig erwärmt und hierauf so verschliesst, dass selbst die einzige Oeffnung am Gehäuse, welche zur Aufnahme der Kurbel bestimmt ist, durch Anstecken der letzteren, bedeckt, so wird der Apparat, auch wenn er nunmehr in einen Raum von niederer Temperatur und grösserer relativer Feuchtigkeit gebracht wird, noch längere Zeit seine Wirksamkeit beibehalten. — Letztere müsste hingegen bedeutend beeinträchtiget werden, wenn man das Gehäuse an irgend einer Stelle öffnen wurde.

Das Verschlossenhalten des Apparates während seines Gebrauches im Freien ist also eine der wesentlichsten Bedingungen, die man dabei zu erfüllen hat, und dieser Umstand ist die eigentliche Ursache, dass derselbe unter Witterungsverhältnissen noch günstig wirkt, bei welchen die gewöhnliche Elektrisirmaschine nicht brauchbar ist, da selbst das Laden einer Leydener Flasche nur bei gehöriger Trockenheit der die Elektrisirmaschine umgebenden Luft in gehöriger Weise vorgenommen werden kann. Es möchte daher für solche Zündapparate rathsam sein, sich nicht mit einem einfachen Ledergehäuse für dieselben zu begnügen, sondern auch noch im Inneren derselben die Scheiben in passender Weise mit einer eigenen Hülle zu umgeben. — Einen derartigen Schutz bietet zum Theil die Einrichtung des Reibzeuges. Unterhalb des amalgamirten Leders ist zu dem Ende an jedem der Reibzeuge (*Figg. 97* und *99*) ein Taftflügel [aus trockenem nicht klebenden Wachstaft] befestiget, der jedes Stück der Scheibenfläche vom Reibkissen bis in die Nähe der Sauger bedeckt. Diese Taftflügel wurden bei dem zuletzt beschriebenen Apparate durch Vereinigen (mittelst Gummiwasser) von je drei Lagen des zu Gebote gestandenen Materiales und gehörigen Austrocknen und Glätten der so erhaltenen Streifen bereitet. Diese Taftflügel müssen nach einer ganz ebenen Fläche die Scheiben berühren, und steif genug sein, damit diese Berührung auch während des Drehens der Scheiben nicht aufgehoben wird. Man hat, um diese Bedingung zu erfüllen, vorgeschlagen, jene Flügel über einen Holzrahmen zu spannen, und mittelst letzterem die passende Berührung derselben mit den Scheiben herzustellen. Eine derartige Einrichtung ist aber nicht nothwendig, wenn man beständig, so lange der

Apparat nicht in Gebrauch ist, die Enden jedes Taftflügelpaares mittelst einer aus einem einfachen, starken Drahte gefertigten Klemme fest angedrückt erhält. Die Taftflügel nehmen dann nach kurzer Zeit die verlangte Lage und Form an, und behalten dieselbe beim Gebrauche der Maschine stets bei. Werden aber die eben genannten nichtleitenden Fortsätze des Reibzeuges nicht in geeigneter Weise angeordnet, so können sie nicht bloss die Wirksamkeit der Maschine nicht erhöhen, sondern werden dieselbe sogar beeinträchtigen.

Sollte übrigens das Feuchtwerden der Elektrisirscheiben trotz aller beim Gebrauche des Apparates beobachteten Vorsichtsmaassregeln dennoch eintreten, so kann man unter Benutzung der Wärmevorrichtung *B* (*Fig. 100*) den gehörigen Grad von Trockenheit des Maschinenraumes selbst unter den ungünstigsten Umständen innerhalb einer kurzen Zeit wieder herstellen, und so den Apparat in den gehörigen Zustand versetzen.

Endlich muss ich nochmals der eigenthümlichen Saugereinrichtung bei den in Rede stehenden Apparaten Erwähnung thun. Die Enden des Conductors, mit welchen derselbe den Scheiben zugewendet ist, sollen eigentlich plattenförmig und mit Spitzen versehen sein, die senkrecht gegen die Scheibenflächen gerichtet sind. Obgleich bei der vorliegenden Einrichtung die Sauger *i* (*Figg. 92* und *97*) bloss in stählernen Kegeln bestehen, so kann man dennoch die Ladung der Flasche leicht mit denselben ausführen; nur ist es hiebei nöthig, dass die Tastflügel sich weit genug über die Scheiben erstrecken, dass ferner die Drehung der letzteren mit möglichst grosser Geschwindigkeit vorgenommen werde, und dass die Saugspitzen stets in den gehörigen Abstand von den Reibzeugen gestellt werden. Die Spitzenform, wie sie bei der vorliegenden Anordnung beibehalten werden musste, ist daher hier gerade nicht die geeignetste, da während des Drehens der Scheiben leicht eine Entladung der Flasche zwischen Spitzen und Reibzeug eintreten kann. Es wurde daher bei dem zuletzt beschriebenen Apparate die Spitzenwirkung unwirksam gemacht, dadurch, dass (wie aus *Fig. 98* zu erkennen ist) an jede Spitze ein kleines Elfenbeinkügelchen angesteckt wurde. — Jedenfalls muss man, wenn der Ladungsapparat seine volle Wirksamkeit ausüben soll, die Entladung der Flasche in demselben Augenblicke vornehmen, in welchem das Drehen der Scheiben aufhört, da bei der vorliegenden Anordnung die Flasche nur während einer sehr kurzen Zeit, auch nur einen Theil ihrer Ladung beibehält. (Es mag daher auch nicht unzweckmässig sein, während die Maschine in Thätigkeit versetzt und das Reiben der Scheiben vorgenommen wird, die Reibzeughalter durch einen Leitungsdraht mit dem Boden zu verbinden.)

Es wurde schon mehrmals erwähnt, dass man den Zustand des Apparates bezüglich seiner Wirksamkeit bei geschlossenem Gehäuse mittelst eines sogenannten Funkenziehers prüfen kann. Soll nun die Wirksamkeit, abgesehen von allen anderen Umständen, die geeignete sein, so müssen etwa 15 bis 20 Drehungen der Scheiben ausreichen, um bei einer Schlagweite *fa* (*Fig. 102*, S. 340) von etwa 1 Zoll die Entladung der Flasche vornehmen zu können. — Ein solch' günstiger Zustand des Apparates ist nicht immer mit gleicher Leichtigkeit zu erhalten. Es kamen mir Fälle vor, in welchen bei einem und demselben Apparate nur etwa

6 Scheibendrehungen nöthig waren, um die Flasche bei einer Schlagweite von 1 ½ Zoll entladen zu können, und wobei sogar der Apparat während seiner Thätigkeit durch längere Zeit in einem feuchten Lokale sich befand, während in anderen Fällen selbst bei 30 Umdrehungen die Schlagweite kaum einen halben Zoll betragen durfte. Wenn es nun schon bei einem und demselben Apparate schwierig ist, denselben unter verschiedenen Umständen beständig auf den gleichen Grad von Wirksamkeit zu bringen, so sind die Schwierigkeiten noch grösser, mehreren, sonst in gleicher Weise eingerichteten Zündapparaten den gleichen Grad von Wirksamkeit beizubringen; es wirken hier, namentlich bei Behandlung der Elektrisirmaschine, so viele Umstände maassgebend ein, dass man nur selten zwei bezüglich ihrer (vortheilhaften) Leistungen übereinstimmende Apparate anzufertigen im Stande ist. Die Behandlung und Instandsetzung des elektrischen Zündapparates erfordert daher eine ungewöhnliche Einübung und Fertigkeit in der Ausführung aller dabei vorkommenden Manipulationen und eine nicht geringere Sorgfalt in der Beachtung der kleinlichsten Einwirkungen, wie sie hier zum Vorschein kommen können.

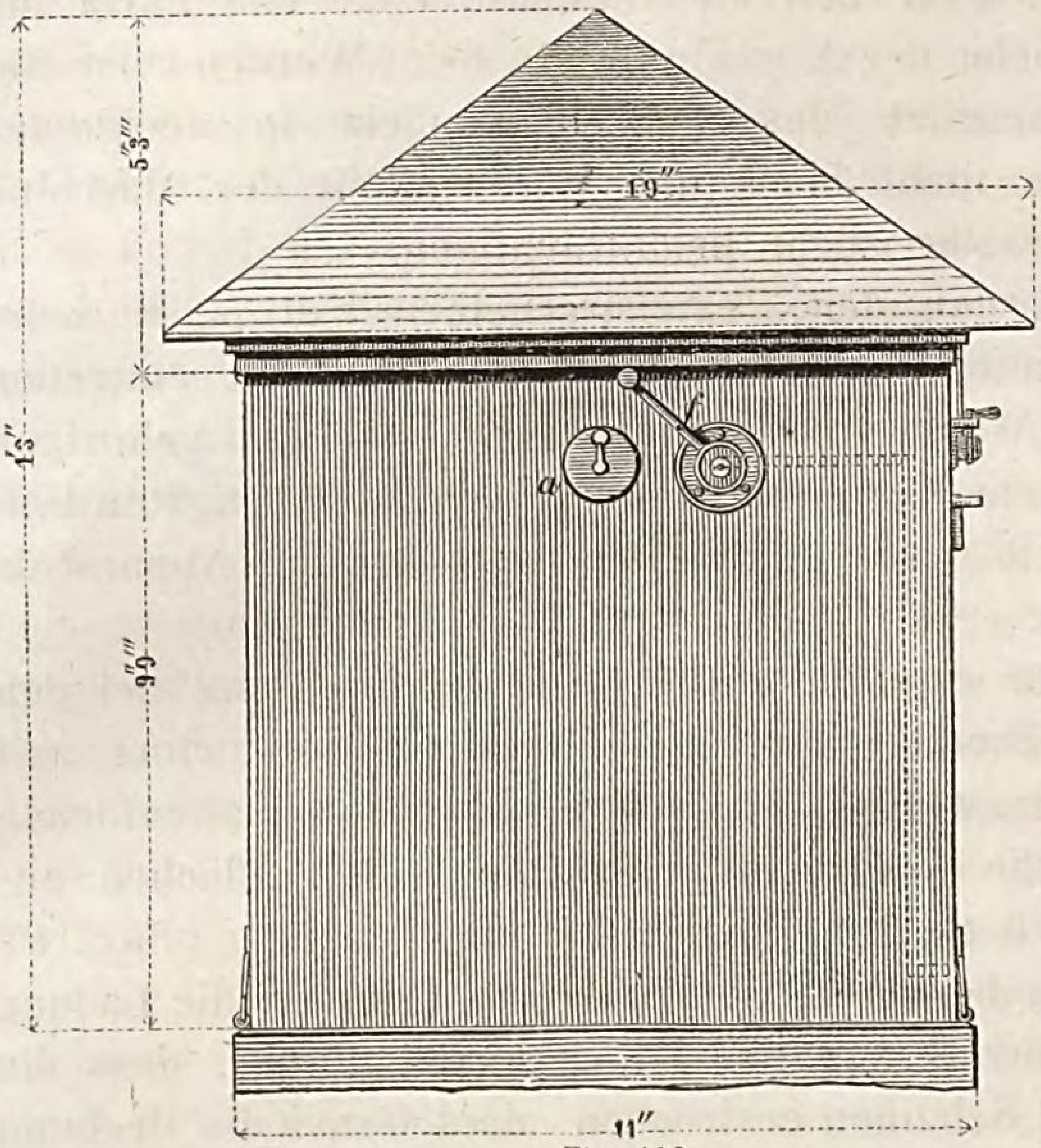


Fig. 102.

Alle diese Uebelstände können aber der Brauchbarkeit des genannten Zündapparates nur geringen Eintrag thun, so lange seine Anwendung auf technische Zwecke allein beschränkt bleibt, denn jene Uebelstände können überwunden werden, und ist der Apparat nur einmal in den gehörigen Zustand versetzt worden, so kann er lange Zeit im brauchbaren Zustand erhalten werden. — Erheblicher jedoch sind jene — allerdings aufhebbaren — Mängel, wenn man den Apparat für Kriegszwecke benutzen will. Hier handelt es sich darum jeden mit den Pionnier- und Mineur-Arbeiten beauftragten Soldaten in der Behandlungsweise einer Elektrisirmaschine und deren Anwendung für den vorliegenden Zweck so einzuüben, dass derselbe das Reinigen, Zusammensetzen, Laden und Entladen des Apparates mit derselben Geschicklichkeit und Fertigkeit auszuführen im Stande ist, wie die Handhabung seiner Waffe und seiner Werkzeuge. Dieser Bedingung zu genügen, möchte zuweilen mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden sein. Hiezu kömmt dann noch ausserdem der missliche Umstand, dass die Hauptheile des Zündapparates aus einem der weiteren Bearbeitung unfähigen, hingegen zerbrechlichen Materiale bestehen. Die Glasscheiben lassen sich, wenn sie irgendwie mangelhaft geworden sind, niemals ausbessern, sondern nur durch neue ersetzen. Es mag aber immer eine peinliche Ungewissheit

und Aengstlichkeit veranlassen, wenn man Apparate, auf deren sichere Wirkung man mit einer verzweifelten Gewissheit rechnen muss, für so ernste Zwecke zur Benutzung hat, deren Hauptbestandtheile durch irgend welchen leidigen Zufall in irgend einem Augenblicke selbst bei der grössten Vorsicht eine kleine Beschädigung erhalten können, durch welche der ganze Apparat vollkommen untauglich gemacht würde. Ob nun jene Aengstlichkeit durch die Aussicht gemildert werden kann, aus einer Reservekiste den entsprechenden Ersatz herausnehmen, und neue Scheiben an die Stelle der verletzten setzen zu können, möchte theilweise noch in Frage gestellt werden dürfen, da das Entfernen der beschädigten Scheiben von der Axe der Elektrisirmaschine und das Anbringen neuer an die Stelle der vorigen nicht bloss eine gewisse Arbeitszeit in Anspruch nimmt, sondern selbst nicht ohne alle Schwierigkeiten ausgeführt werden kann. Wenn daher die Beschädigung der Scheiben kurz vor der auszuführenden Zündung eintreten würde, so würde ohnehin der Apparat für den beabsichtigten Zweck ganz unnütz geworden sein. Diese und noch einige andere Bedenken gegen die Zweckmässigkeit der Glas-Elektrisirmaschinen insbesondere — auch der Elektrisirmaschinen überhaupt — für Minen-Zündapparate bei ernsten militärischen Arbeiten möchten daher wohl der Erwägung unterzogen werden dürfen, wenn es sich darum handelt, über die Einführung eines elektrischen Zündapparates endgültig zu entscheiden.

Jedenfalls sollte man, soweit als thunlich, das Glas bei der Wahl der isolirenden Materialien für die Maschine sowohl, als auch bei dem Ladungsapparate vermeiden. Auf diesen Umstand habe ich schon früher [43] aufmerksam gemacht, und es ist dort ausserdem gelegentlich bemerkt worden, dass der Hartkautschuk, was auch v. Ebner im Jahre 1856 schon in Aussicht gestellt hatte [44], einen zweckmässigen Ersatz für die Glasscheiben bieten dürfte.

Eine derartige Umänderung des Oesterreichischen Zündapparates (S. 325 u. f.) wurde nun auch wirklich unter der Leitung des Freiherrn v. Ebner in der Telegraphen-Bauanstalt von Siemens' und Halske zu Wien vorgenommen. Aus den mir hierüber mit der grössten Bereitwilligkeit gemachten Mittheilungen ersehe ich, dass die Anordnung des Apparates im Allgemeinen dieselbe geblieben ist, wie sie oben beschrieben wurde. Die Kautschukscheiben sollen durch den Gebrauch nicht leiden, sondern sogar dabei noch besser werden. Als ein Vortheil bei der Herstellung derselben wird dabei hervorgehoben, dass, nachdem jede Scheibe glatt geschliffen worden ist, dieselbe mit einer reinen Schellacklösung hoch polirt werde, welches Verfahren nöthigenfalls wiederholt werden könne.

Bezüglich der detaillirten Einrichtung * dieser mit dem Namen „Feld-Zünd-Apparate" bezeichneten Minenkriegswaffen muss bemerkt werden, dass jeder Apparat ein Scheibenpaar aus Hartkautschuk von 10 (Wiener) Zoll Durchmesser, und dass derselbe, da der Ladungsapparat hier aus einer Plattenbatterie, einem Condensator nämlich (s. S. 322) besteht, viel leichter transportabel und von

* Ich entnehme das Nachstehende aus der „Gebrauchs-Anweisung" der neuen Kautschuk-Apparate, die während des italienischen Feldzuges im Jahre 1859 angefertiget wurde, und von welcher mir ein Exemplar mit der bekannten Loyalität von dem sehr geschätzten Verfasser übermacht worden ist.

geringerer Ausdehnung ist, wie die älteren Zündapparate. Der neue Zündapparat ist in *Fig. 103* nach einem Längendurchschnitt dargestellt, worin *A* die Elektrisirscheibe, *B* das Reibzeug, *b* die Axe mit dem zugehörigen Lager, *c* den Condensator, *pks* den Conductor mit Saugspitze bedeutet. „Der Condensator ist eine in die Form einer Rolle gebrachte Franklin'sche Tafel aus weichem und gefirnisstem Kautschuk, deren Belege mittelst zwei Metallscheiben *p* und *n* zugänglich sind, und ist in einem Kästchen aufbewahrt. (Bei einigen Maschinen ist der Condensator in Harz eingegossen und hat die Form eines Parallelepipeds.) Der Auslader spielt durch den Druck auf eine an der Aussenwand des Kästchens angebrachte Taste; die Kugel *k*, welche mit *p* in metallischem Contacte steht, kann hiedurch mit dem Knopfe *a* äusserst rasch in Verbindung gesetzt werden. Solchergestalt wird *a* zur positiven, *z* und *f* werden zu negativen Elektroden" *.

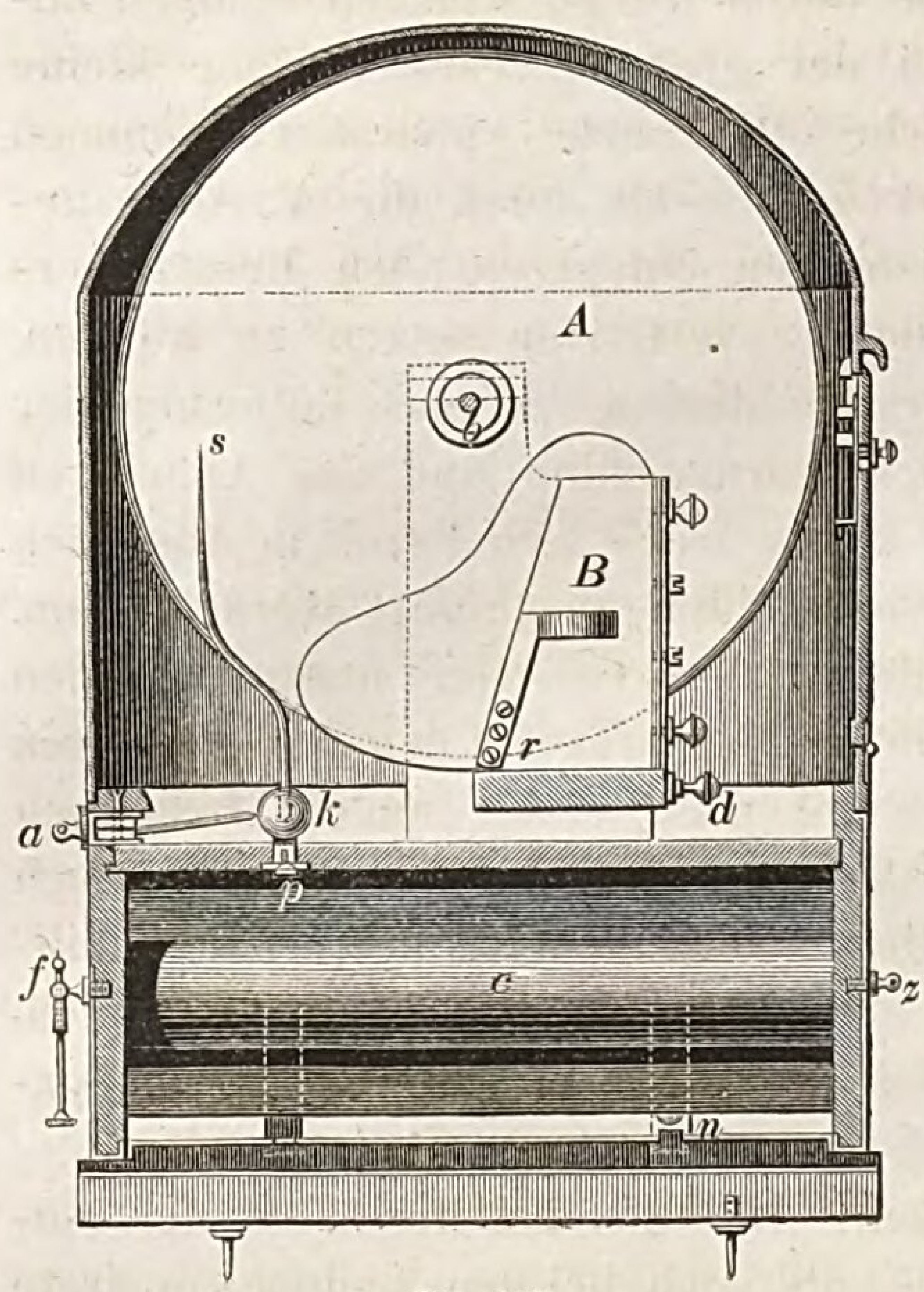


Fig. 103.

Zur Beurtheilung der Wirksamkeit des Apparates dient auch hier wieder der Funkenzieher *f*, ein mit dem äusseren Belege und dem Reibzeuge in leitender Verbindung stehender metallener Hebel, der bis zur Schlagweite von 1 ½ Zoll gegen *a* genähert werden kann, wenn der Condensator die grösste Ladung angenommen hat, die derselbe, ohne durchbohrt zu werden, erhalten darf. Diese grösste Ladung wird bei mässig raschem Drehen der Scheiben nach etwa 50 Umdrehungen erhalten. Bei der Benutzung des Apparates zum Zünden wird, wie bei den oben beschriebenen Apparaten der Funkenzieher ausser Gebrauch gesetzt, und hiebei in horizontale Lage gebracht, während bei den älteren Anordnungen der Hebel *f* (*Fig. 102*) in verticale Lage versetzt wird. Die Stellen, von welchen die Leitung auszugehen hat, sind auch hier (*Fig. 103*) wieder bei *a* und *z* angedeutet.

Das Instandsetzen des Apparates muss längere Zeit vor seinem Gebrauche an einem Orte geschehen, dessen Temperatur höher als die in der Umgebung des Zündheerdes ist; die Reibzeuge können hiebei mehr oder weniger stark mittelst einer mit der Regulirungsschraube *z* versehenen Feder gegen die Scheiben gedrückt werden, und das Herausfallen der Kissen wird (ebenso, wie bei den früheren beschriebenen Apparaten) durch eine Spange *d* verhindert. Nach geschehener Instandsetzung des Apparates wird derselbe von einer Kautschukhülle umgeben, die selbst wieder, um den nachtheiligen Einfluss der Sonnen-

* Die metallischen Enden des Schliessungsbogens, von welchen das eine mit dem inneren, das andere mit dem äusseren Belege des Condensators in Verbindung steht, werden hier „Elektroden" genannt.

hitze beseitigen zu können, mit einem Ueberzuge aus weissem Stoffe versehen wird. Die Hülle gestattet, ohne den Apparat zu entblössen, das Laden und seine Benutzung beim Zünden überhaupt vorzunehmen. Das Gewicht des Apparates soll so gering sein, dass derselbe mittelst einer Tragvorrichtung auf dem Rücken, gleich einem Tornister transportirt werden kann, und dass selbst ein Abnehmen desselben bei einer auszuführenden Zündung nicht nöthig werde. — Um übrigens den Apparat auf den Boden während des Gebrauches aufstellen zu können, ist demselben ein transportables Stativ beigegeben, das zu seiner Aufnahme auf freiem Felde bestimmt ist.

§. 65. Ueber die für eine beabsichtigte Zündung anzulegende Leitung.

Die **Leitung** ist ein System von guten Leitern der Elektricität, welches die beiden Belege *a* und *z* des Ladungsapparates unter einander so verbindet, dass das eine derselben mit dem einen Drahtende der Patrone, das andere mit dem zweiten Drahtende der letzteren in metallische Berührung versetzt wird. Die Leitung besteht also eigentlich aus zweien neben oder über einander hergehenden Strecken, von denen die eine Strecke von *z* (*Figg. 91*, *101* und *105*) am Minenheerde ausgeht und bei *z* (*Figg. 131* und *133*) endiget, während die andere Leitungsstrecke bei *a* (*Figg. 91*, *101* und *105*) beginnt und an *a* (*Figg. 131* und *133*) metallisch befestiget ist, wobei vorausgesetzt wird, dass die Patrone in den Minenofen eingelegt sich befindet. Wir wollen der Kürze halber diese Leitungsstrecke die **obere**, jene aber die **untere** nennen. Die ganze Leitung muss so angeordnet und beschaffen sein, dass der Entladungsfunke des Ladungsapparates bei einer auszuführenden Zündung nur innerhalb der Lücke xy (*Figg. 132* und *133*), an keiner anderen Stelle ausserhalb der letzteren aber entstehen, und dass er hier auch wirklich zu Stande kommen kann.

Man kann daher an jede derartige Leitung im Allgemeinen die folgenden Anforderungen stellen:

1. Muss der obere Theil derselben von allen Leitern der Elektricität, die nicht zum Leitungssysteme selbst gehören, vollkommen isolirt bleiben, damit an keiner ihrer Stellen während der Entladung des Apparates ein Elektricitätsverlust eintreten kann.
2. Muss ihre absolute Leitungsfähigkeit (s. S. 37) gross genug sein, um der innerhalb der Patrone statthabenden Entladung den möglichst kleinsten, überhaupt keinen grösseren Widerstand darzubieten, als wenn der Schliessungsbogen des zu Stande kommenden Entladungsstromes nur ebenso kurz wäre, als diess bei der Entladung mittelst des Funkenziehers der Fall ist.
3. Der untere Theil der Leitung soll nicht isolirt sein, sondern, wenn die Umstände es möglich machen, entweder mit dem Erdboden in Berührung stehen, oder sogar durch diesen, die Strecke nämlich, welche zwischen dem Minenheerde und dem Ofen liegt, ersetzt werden.

Ausserdem muss jede für die Leitung verwendete Drahtsorte eine möglichst grosse Tractions- und Biegungs-Elasticität und Festigkeit haben, die atmosphärischen Einflüsse sollen diese Eigenschaften nicht afficiren, und ebenso wenig soll der Zustand des Drahtes eine Aenderung erfahren, wenn derselbe auch schon

durch längere Zeit als Stromleiter gedient hat. Die Dicke der Drahtsorte soll nicht gross sein, damit unter sonst gleichen Umständen durch das Gewicht der Leitung nicht das der etwa beim Transporte mitzunehmenden Materialien und Utensilien erhöht werde.

Den hier genannten Anforderungen muss jede Leitung, die man bei Sprengversuchen mittelst des elektrischen Entladungsfunkens verwenden will, Genüge leisten. Um aber über die Einrichtung des ganzen Leitungsystemes bestimmt entscheiden zu können, ist es nothwendig, auf den Zweck Rücksicht zu nehmen, den man bei der Sprengung im Auge hat, und man wird in allen Fällen, wo es sich bloss darum handelt, eine Gesteinsmasse oberhalb oder unterhalb der Erde, oder auch im Wasser wegzuräumen, eine einfachere Leitungs-Einrichtung benutzen können, wie bei Sprengungen für Kriegszwecke.

Bei Sprengungen für technische Zwecke dürfte es in den meisten Fällen zulässig sein, die untere Leitung durch die Erdstrecke zwischen dem Heerde und dem Bohrloche zu ersetzen. Bekanntlich hat nämlich der Erdboden für den elektrischen Entladungsstrom für bedeutend grosse Strecken eine fast ausreichende Leitungsfähigkeit, die Leitungsfähigkeit des feuchten Erdreichs aber, sowie die grosser Wasserstrecken für den elektrischen Entladungsstrom, reicht selbst bei den grössten Entfernungen, auf welche noch Zündungen ausgeführt werden sollen, aus, um diese mit aller Sicherheit vornehmen zu können *. Wenn man daher von der Fortsetzung z des äusseren Beleges unseres Zündapparates aus eine Drahtleitung nach einem in der Nähe des Apparates in den Erdboden bis auf etwa 2 oder 3 Fuss Tiefe eingesetzten Eisenstabe führt, und von einem in der Nähe des Bohrloches in den Boden

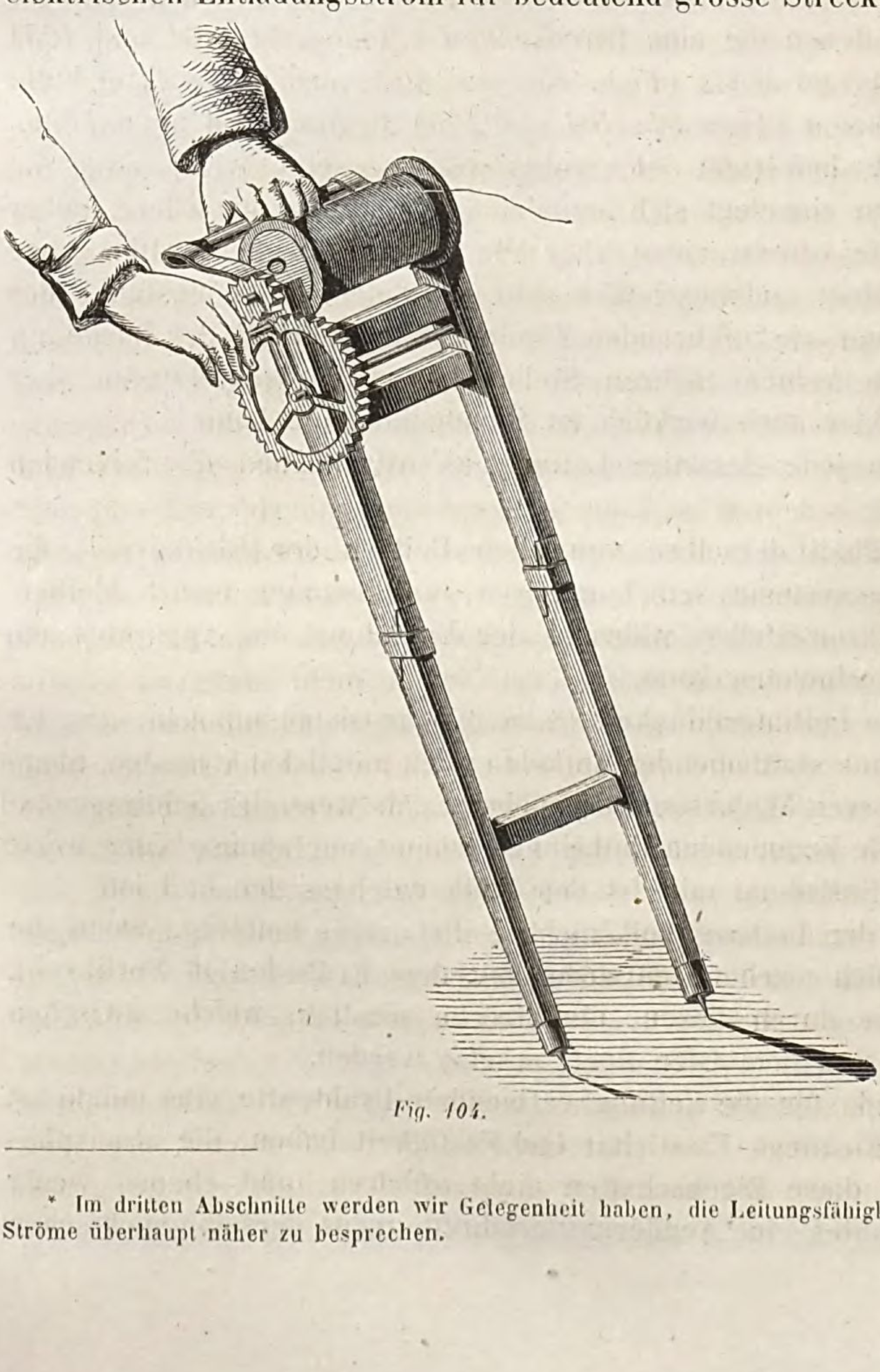


Fig. 104.

* Im dritten Abschnitte werden wir Gelegenheit haben, die Leitungsfähigkeit des Erdbodens für elektrische Ströme überhaupt näher zu besprechen.

eingesteckten Eisenstab aus nach dem einen Drahtende z der Patrone ebenfalls eine Drahtleitung gehen lässt, so ist der untere Theil der Leitung hergestellt. Die obere Leitung kann man bei den in Rede stehenden Anwendungen immer aus verzinktem Eisendrahte wählen, da dieser Draht, wie schon früher (S. 79 u. f.) auseinander gesetzt wurde, auch hier dem Messing- und Kupferdrahte vorgezogen werden muss. Um diesen Draht in gehöriger Weise zu isoliren, dürfte es am zweckmässigsten sein, die obere Leitung in derselben Weise anzuordnen, wie diess nach v. Ebner's Vorschlag für Luftleitungen ausgegeführt worden ist[45]. Der blanke Draht wird nämlich mittelst einer Aufspulmaschine (*Fig. 104*, S. 344), von welcher die ganze Einrichtung mit einigen wenigen Abänderungen in *Figg. 105* und *106* (S. 346) in $1/_6$ der wirklichen Grösse dargestellt ist, auf eine leere hiefür passend vorgerichtete Eisenspule *s* aufgewickelt, deren Axe an der Abspulmaschine selbst sich angebracht befindet. Diese Drahtspule kann sodann vor dem Ausspannen der Leitung mittelst einer zu derselben gehörigen Axe (*Fig. 107*, S. 347) in eine Abspulvorrichtung (*Figg. 108* und *109*) gesteckt, und in ähnlicher Weise, wie diess in *Fig. 110* angedeutet ist, beim Gebrauche gehandhabt werden. Der auf dieser Spule aufgewundene Draht ist nunmehr für die obere Leitung vorbereitet, und wird, nachdem derselbe mit einem Ende bei *a* (*Figg. 91, 101, 103*) befestiget worden ist, dadurch isolirt über den Boden so hinweggeführt, dass man denselben um glockenförmige Isolatoren aus vulkanisirtem Kautschuk legt, welche letztere auf eisernen (oder stählernen) Trägern sich befinden. Diese Träger können mit ihren scharfen Holzgewinden entweder in eigene hiezu vorbereitete Stangen oder sonstige hiefür sich eignende fixe Objecte in gehöriger Weise eingeschraubt werden, und es können dieselben zu dem Ende entweder gerade oder knieförmig geformt sein (*Fig. 111*, *a* und *b*, S. 347). Da die Dicke des für die vorliegenden Zwecke verwendeten verzinkten Eisendrahtes nur etwa $1/_2$ bis $3/_4$ einer Linie zu sein braucht, um bei bedeutenden Längen des Schliessungsbogens unter den hier vorkommenden Umständen, vorausgesetzt, dass die obere Leitung auch beständig isolirt bleibt, die beabsichtigte Zündung vornehmen zu können, so reicht es aus, wenn im Allgemeinen die Entfernung je zweier auf einander folgender Isolatoren und der dazu gehörigen Stützobjecte nicht mehr als etwa 50 Fuss beträgt. Die Distanz der Isolatoren vom Erdboden soll dabei mindestens 4 bis 5 Fuss sein. In welcher Weise nun die obere Leitung mittelst der beschriebenen Vorrichtungen angelegt werden kann, bedarf keiner weiteren Erörterung, und ebenso darf nur erwähnt werden, dass das Einziehen der Leitung wieder mit Hülfe der oben beschriebenen Abspulmaschine (*Fig. 104*) geschehen kann.

Will man bei der vorzunehmenden Zündung die untere Leitung nicht durch den Erdboden ersetzen, so kann man dieselbe ganz in ähnlicher Weise, wie die obere Leitung und sogar unter Benutzung derselben Tragobjecte isolirt von dieser ausspannen.

Bei Leitungen aber, die für Kriegsminen bestimmt sind, dürfte es nicht als rathsam erscheinen, den oberen Theil derselben in der eben angegebenen Weise auszuführen. Abgesehen davon, dass zum Anlegen derselben ein zu grosser Zeitaufwand erforderlich ist, so sind derartige Luftleitungen leicht der Beschä-

digung ausgesetzt, sie können ferner als Bewegungshindernisse oft sehr störend sein, und schon der Umstand, dass sie zu Tage sich befinden, und so, insbesondere im Felde, der Wahrnehmung nicht entgehen, möchte ihre Anwendbarkeit in Frage stellen dürfen. In solchen Fällen bedient man sich entweder der einfachen mit reiner Guttapercha (zweifach) umpressten Kupferdrahtleitungen für

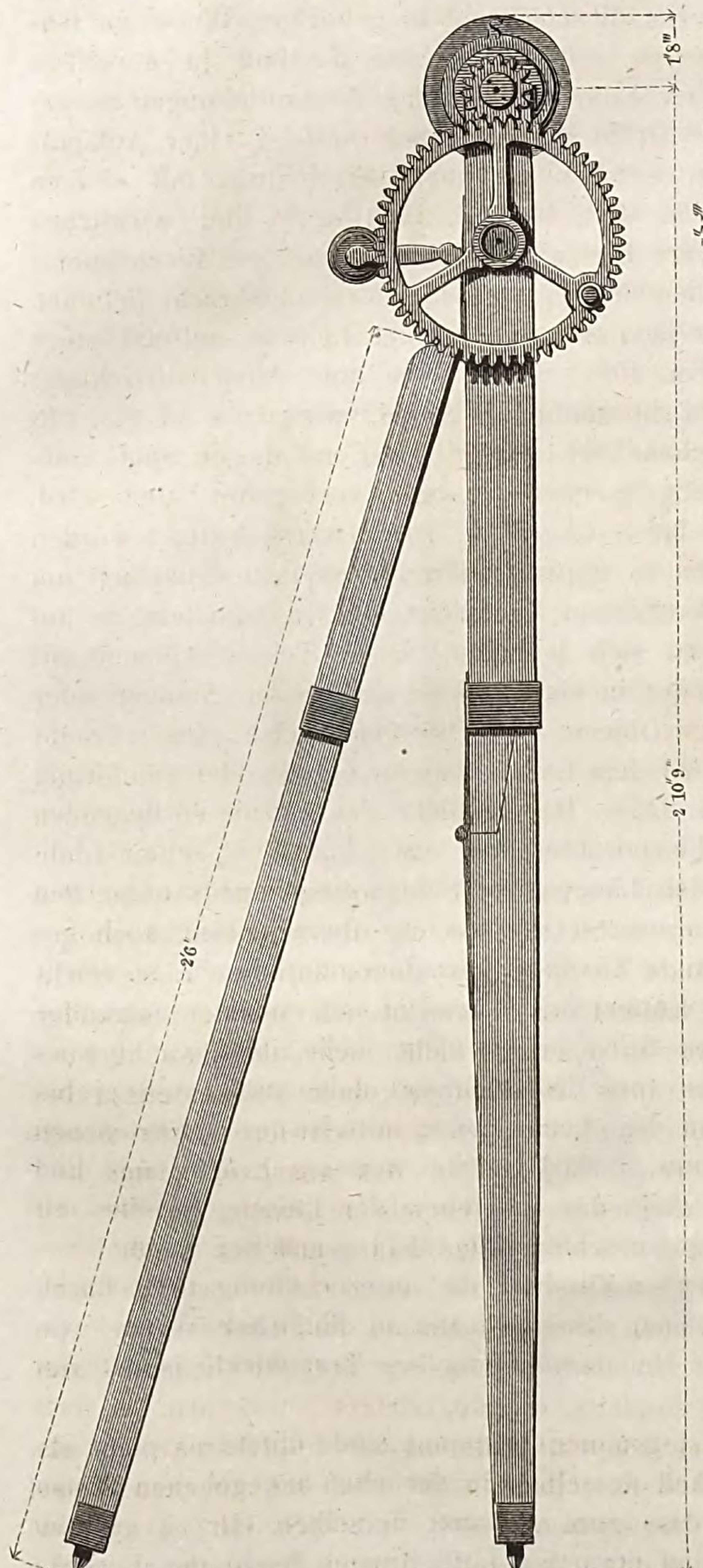


Fig. 105.

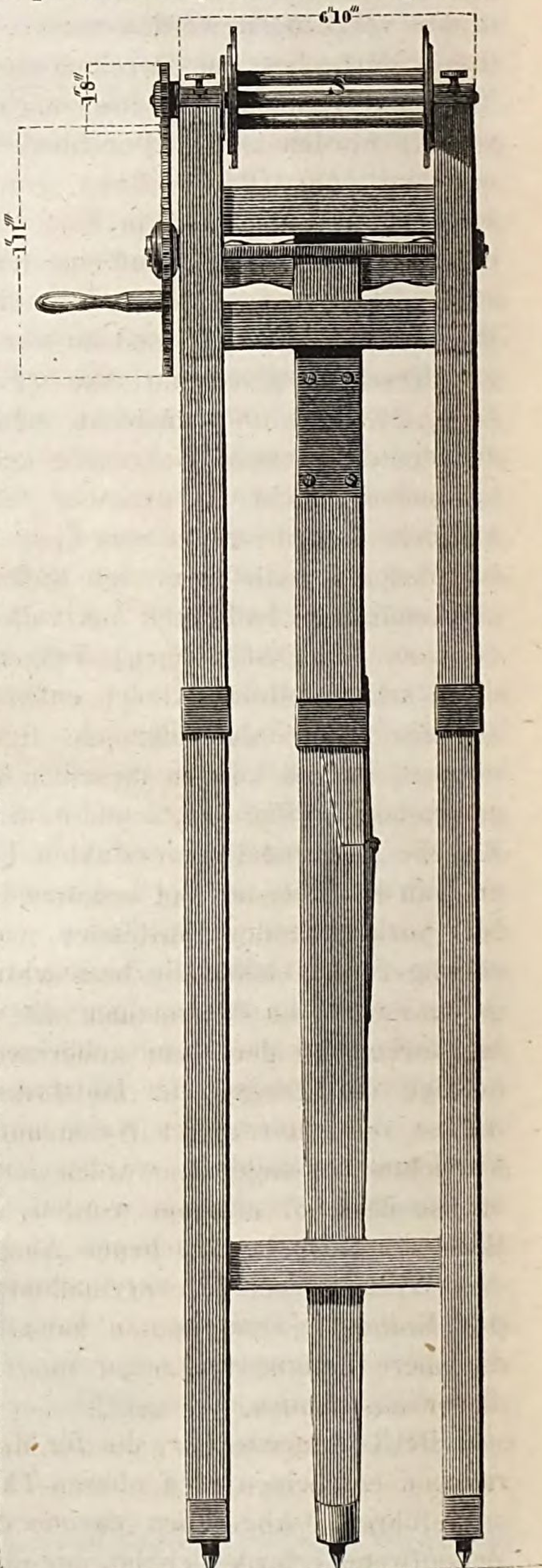


Fig. 106.

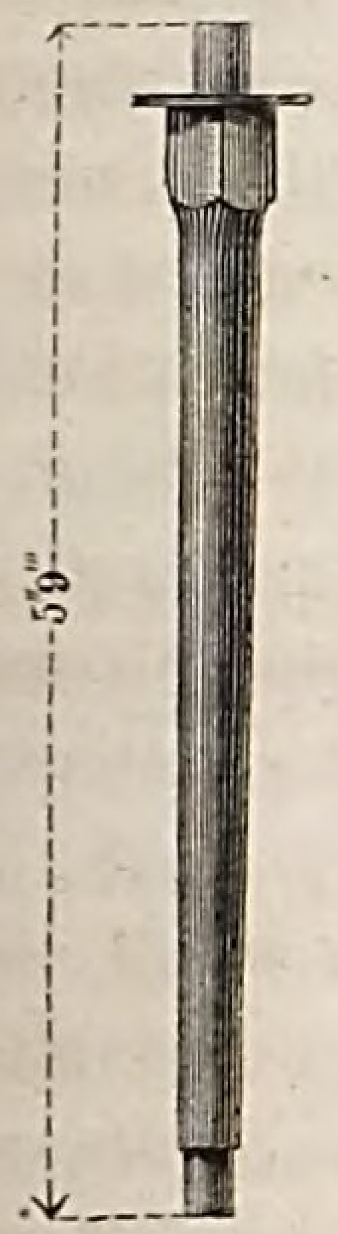


Fig. 107.

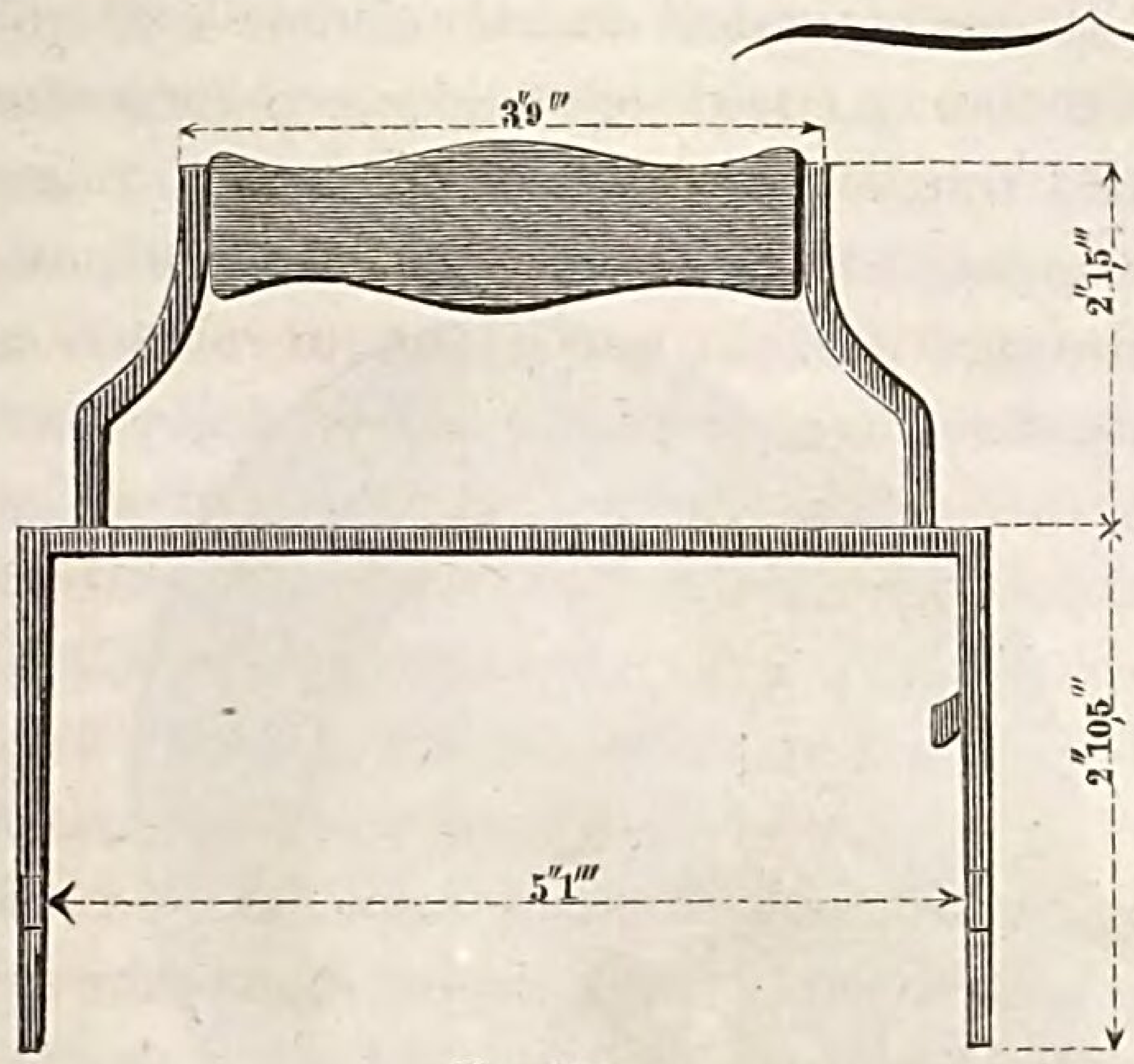


Fig. 108.

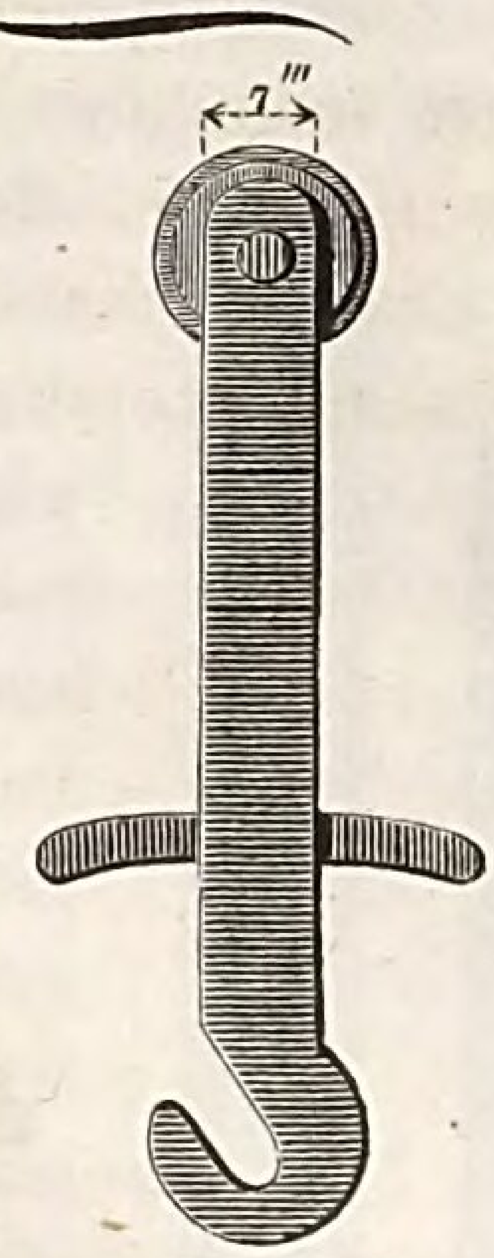


Fig. 109.

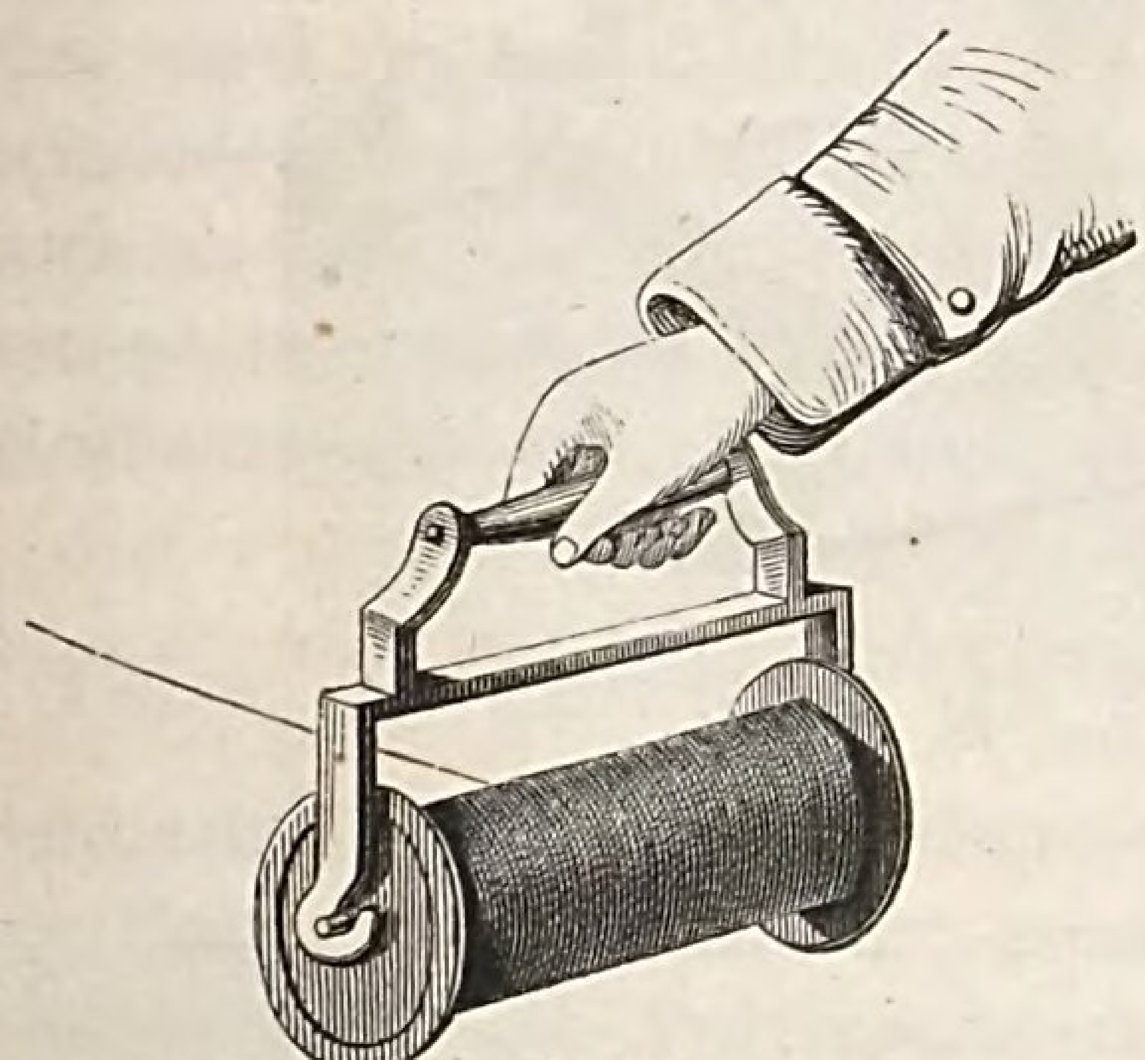


Fig. 110.

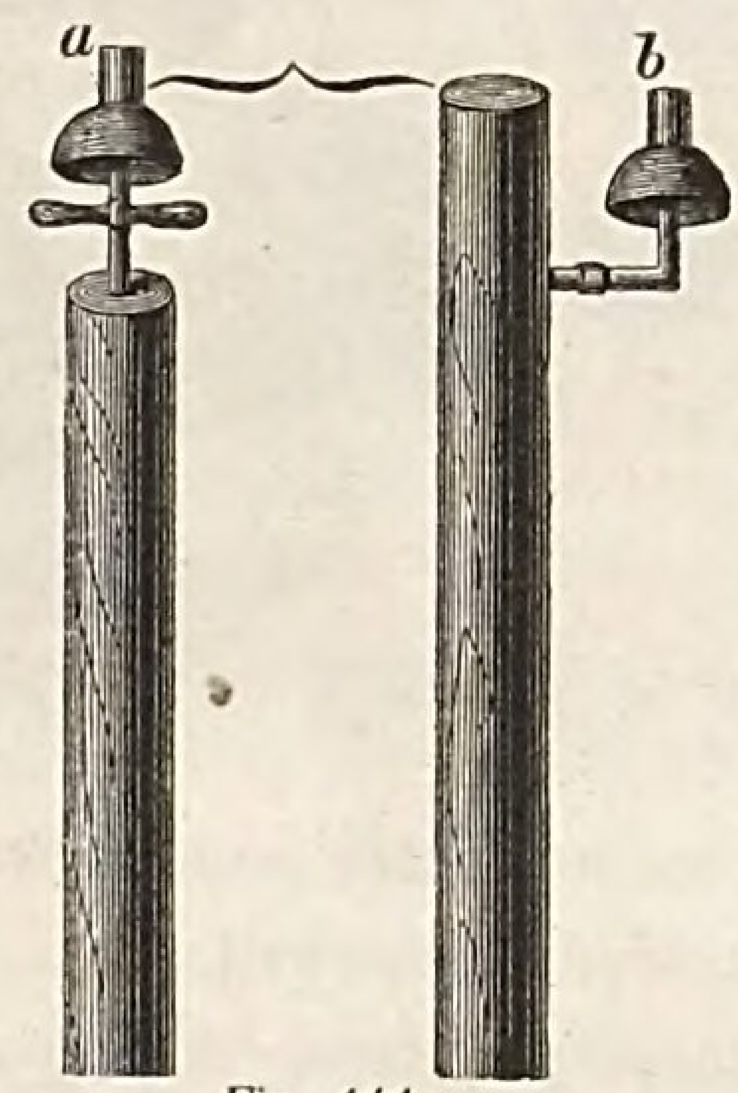


Fig. 111.

die obere Leitung, und schaltet, wie vorher den Erdboden statt des unteren Theiles der Leitung ein, oder man wählt zwei solche Drähte, die zu diesem Zwecke um einander gelegt werden können, als Doppelleitung. Eine Guttaperchadrahtleitung kann man unbeschadet der beabsichtigten Wirkung unmittelbar auf den Boden legen, oder was in manchen Fällen zweckmässig und nothwendig sein dürfte, in die Erde unter Anwendung eines Pfluges eingraben lassen; sie lässt sich leicht anlegen, und ohne weitere Schwierigkeiten wieder einziehen. Sowohl zum Aufbewahren, als auch für das Ausspannen und Einziehen dieser Leitungen kann man sich eines Haspels bedienen, auf den ein gewisses Quantum des Drahtes aufgewickelt werden kann, und der in ähnlicher Weise, wie dieses *Fig. 112* (S. 348) angedeutet ist, vorgerichtet sein kann. — Um den Raum beurtheilen zu können, den ein Haspel für diesen Zweck erfordert, ist ein solcher in *Figg. 113* und *114* in $^1/_3$ der wirklichen Grösse dargestellt worden. Derselbe ist zugleich so eingerichtet, dass man je nach Bedarf entweder eine einfache oder Doppeldrahtleitung aus Kupferdraht, der mit Guttapercha umpresst ist, anlegen kann. Jede Abtheilung der zu dem Haspel gehörigen Walze kann bei der vorliegenden Anordnung (S. 348) etwa eine Länge von 1000 Fuss Guttaperchadraht aufnehmen, dessen Durchmesser gegen

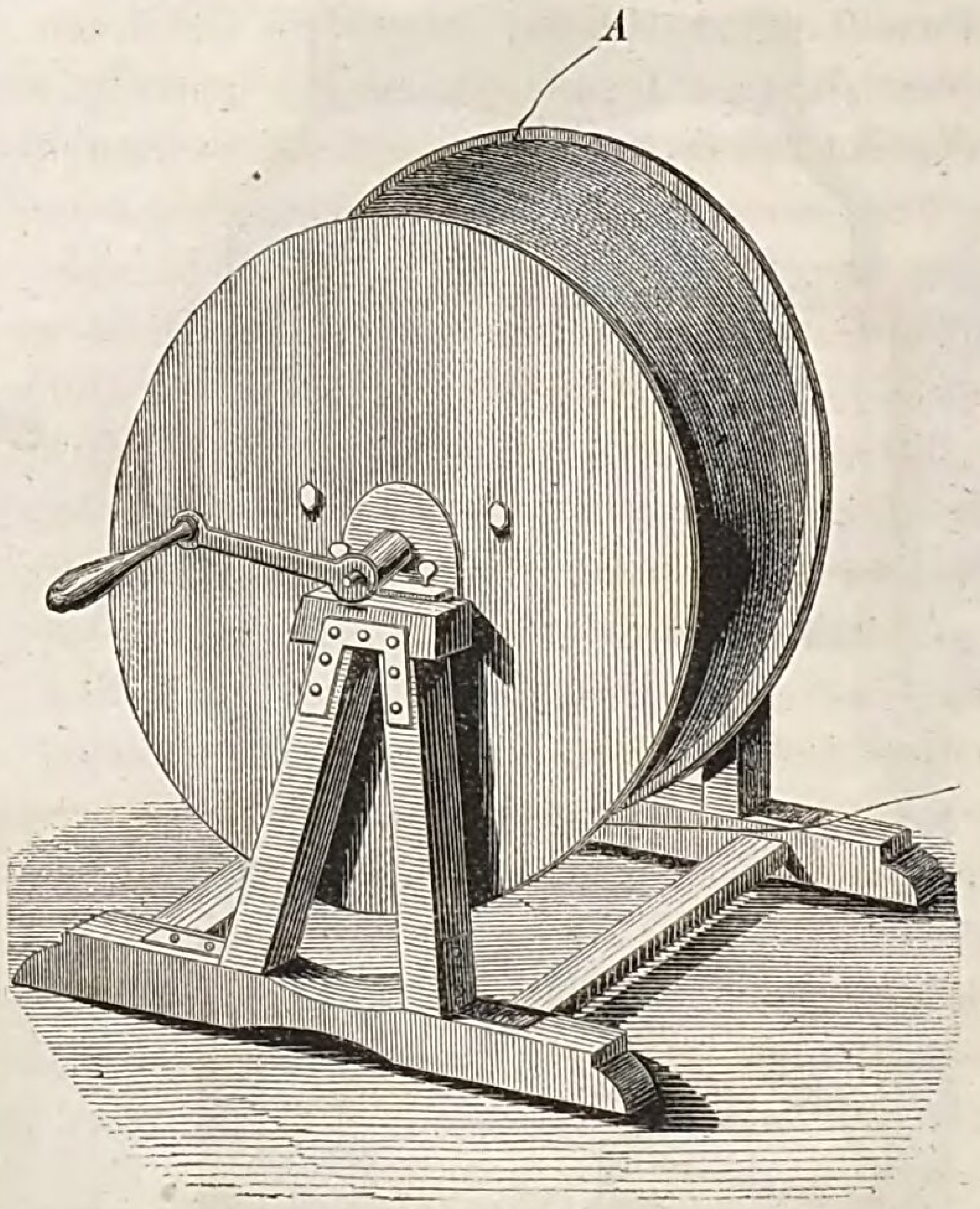


Fig. 112.

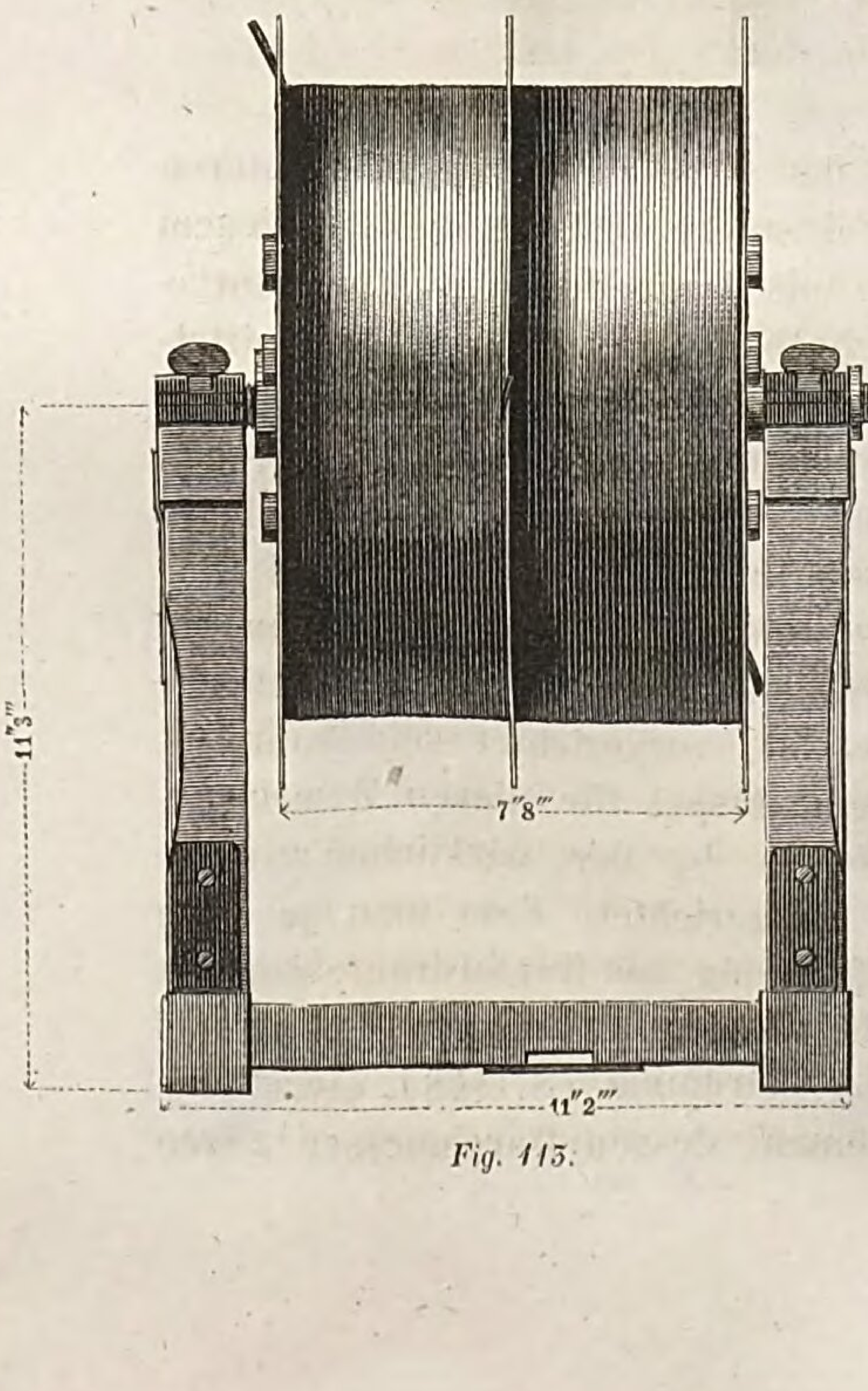


Fig. 113.

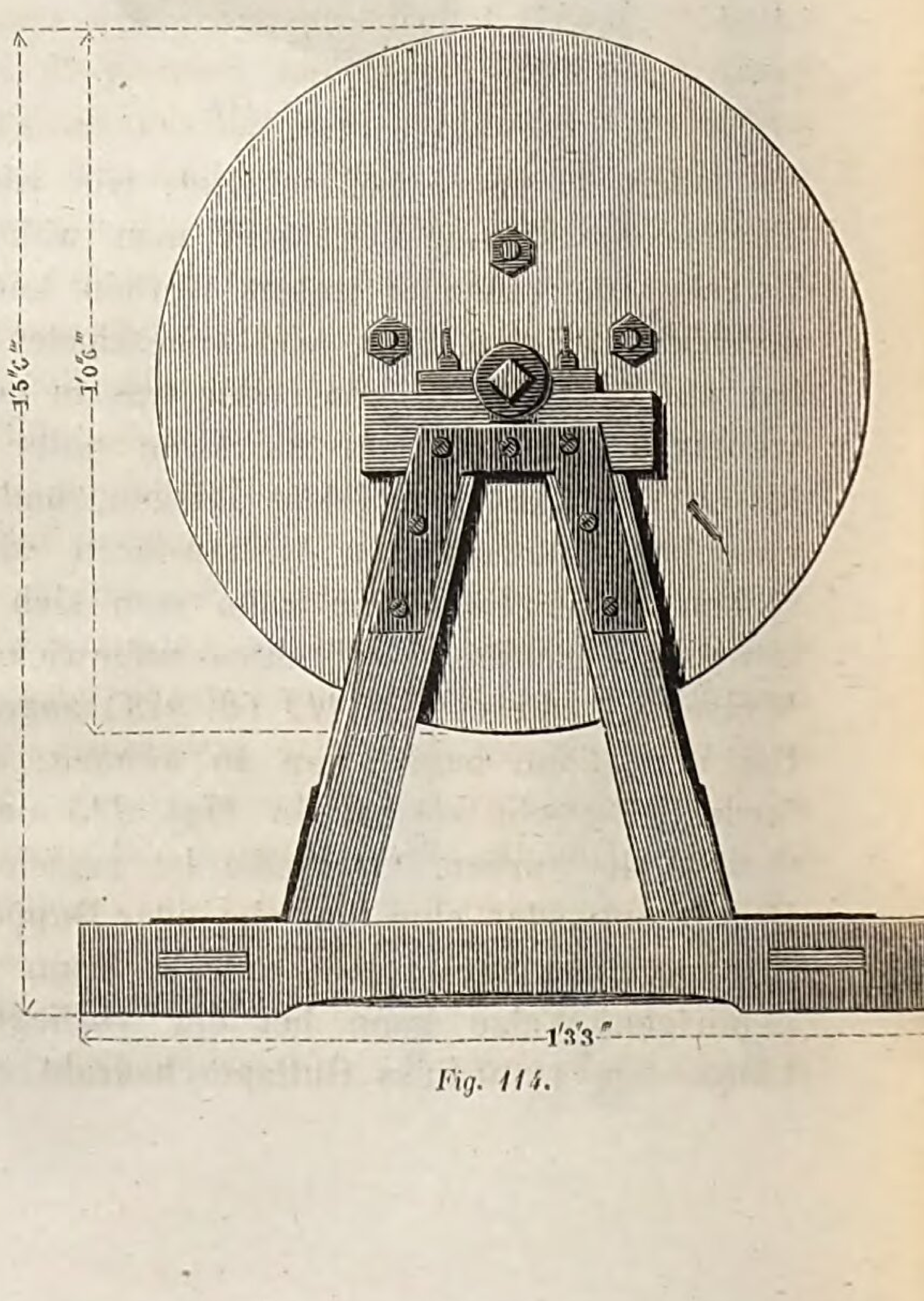


Fig. 114.

2 Linien beträgt. Für den Gebrauch bei Kriegsminen im Felde dürfte es sehr vortheilhaft sein, insbesondere, wenn die Distanz des Heerdes vom Minenofen nicht über 1000 Fuss beträgt, anstatt der Hin- und Rückleitung sich nur eines einzigen Drahtseiles zu bedienen, wie in *Figg. 115* und *116* solche in wirklicher Grösse dargestellt worden sind. Die Axe einer jeden dieser beiden Seilsorten ist ein Draht aus möglichst reinem Kupfer, der mit einer doppelten Guttapercha-Umpressung versehen ist, und letztere ist entweder (*Fig. 115*) mit verzinkten Eisendrähten umwunden, oder (*Fig. 116*) mit einem Geflechte solcher Drähte umgeben. Unter allen Umständen, mag man Zündungen auf dem Lande oder unter Wasser auszuführen beabsichtigen, kann man, ohne nachtheilige secundäre Wirkungen erwarten zu müssen, den Kupferdraht als obere, die Eisendrahthülle solcher Seile aber als untere Leitung benutzen, und man hat dann nur dafür zu sorgen, dass die Enden des Drahtseiles in hinreichend lange von einander durch Guttapercha-Umhüllungen isolirte Drähte ausgehen, um einerseits den Apparat, andererseits aber die Patrone in passender Weise in den durch das Seil gebildeten Schliessungsbogen einschalten zu können.

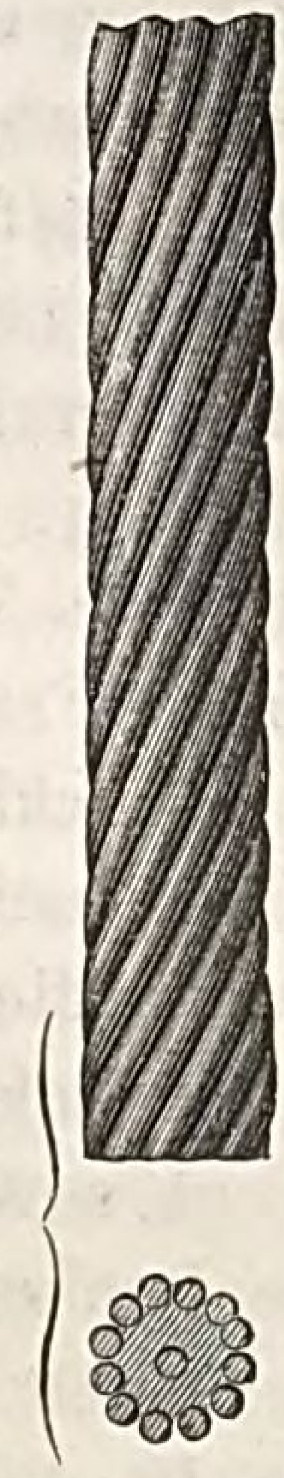


Fig. 115.

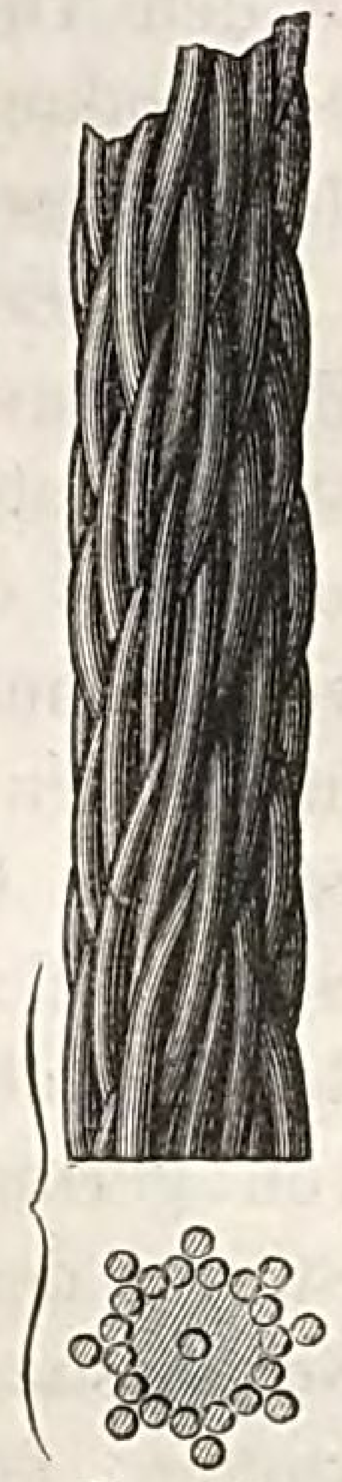


Fig. 116.

§. 66. Ueber die Einrichtung des Zündobjectes oder der Patrone.

Der wichtigste Theil der ganzen Zündungseinrichtung ist offenbar das Zündobject (auch Patrone oder Zünder genannt). Die Brauchbarkeit der Patrone hängt vorzugsweise von der Pulversorte ab, die durch den elektrischen Funken gezündet werden soll, und mit der die Patrone gefüllt sein muss. Ausserdem muss dieselbe so beschaffen sein, dass ihre Einschaltung in den Schliessungsbogen leicht und ohne Aenderung der gegenseitigen Lage der in ihr enthaltenen Drähte geschehen kann, dass dieselbe die gehörige Festigkeit gegen äussere Beschädigungen besitze; ihre Gestalt muss von der Art sein, dass sie in das mit der Pulvermasse auszufüllende Bohrloch oder in den Pulverkasten des Minenofens an irgend einer Stelle versetzt werden kann etc. etc. — Ueberhaupt muss die Patrone, da eine Untersuchung derselben bei der hier in Rede stehenden Zündungs-Methode nicht mehr möglich ist, sobald man die Verdämmung vorgenommen hat, so beschaffen sein, dass man die beabsichtigte Wirkung mit der grössten Bestimmtheit im Voraus erwarten kann. Was nun die Pulversorte betrifft, die zum Füllen der Patrone verwendet werden soll, so muss vor allem bemerkt werden, dass das gewöhnliche Schiesspulver, weder in Körnerform, noch als Mehlpulver sich hiefür eignet. Zur Entzündung einer grösseren oder kleineren Quantität Schiesspulver ist nicht bloss ein intensiver Entladungsfunke nothwendig, sondern es erfolgt die Zündung nur dann, wenn die Entladungsdauer des Stromes durch Anwendung eines Schliessungsbogens von ausreichendem Widerstande bis zu einer gewissen Grenze vergrössert wird. Schon das Mehlpulver lässt sich bei Anwendung eines metallischen Schliessungsbogens von

geringem Widerstande entzünden, wenn man dasselbe mit sehr feiner Eisenfeile, der etwas Kohlenpulver beigemengt ist, innig vermengt, während das Entzünden des Schiesspulvers unter gewöhnlichen Umständen nur dann erfolgt, wenn man in den Theil des metallischen Schliessungsbogens, der mit dem inneren Belege des Ladungsapparates in Verbindung steht, eine kurze Wassersäule oder einen durchnässten Bindfaden von passender Länge etc. einschaltet.

Ueberhaupt ist die Zündung von brennbaren Stoffen durch den elektrischen Entladungsfunken bei gleichbleibender Schlagweite etc. von einer Menge Umständen abhängig, die sowohl mit der Beschaffenheit des Zündstoffes selbst, als auch mit der des Schliessungsbogens sich ändern, und die für die in der Praxis vorkommenden Fragen durchaus nicht in der Weise festgestellt sind, dass wir hier einen erklecklichen Gebrauch von den hierüber bekannt gewordenen theoretischen Untersuchungen machen können. Glücklicherweise sind aber mehrere Stoffe bekannt, die sowohl bei äusserst geringer, als auch bei grösserer Dauer des Entladungsfunkens, unter Anwendung eines metallischen Schliessungsbogens von geringem sowohl, als auch von grossem Widerstande bei hinreichender Stärke des Funkens jedesmal entzündet werden, wenn sie innerhalb der im Schliessungsbogen denselben dargebotenen Lücke sich befinden. Zu den Zündstoffen, die in dieser Beziehung der Untersuchung unterworfen worden sind, gehören unter Anderem: ein Gemisch aus metallischem Arsenik mit chlorsaurem Kali, Knallsilber, Knallquecksilber, Schwefel mit chlorsaurem Kali, Phosphorpyrophore etc., dann ein in der Feuerwerkerei häufig zur Verwendung kommendes Gemisch aus Schwefelantimon und chlorsaurem Kali. Eine Mischung der letztgenannten Art wurde unseres Wissens für Zündzwecke zuerst von Varrentrapp bei den im Radauthale vorgenommenen Sprengungen (s. S. 324) vorgeschlagen. Man verwendete dort ein Gemisch aus 60 Gewichtstheilen chlorsauren Kali und 40 Gewichtstheilen Schwefelantimon, und diese Zündmischung wendete auch Gätschmann bei seinen Sprengversuchen zu Freiberg an. Die von v. Ebner benutzten Patronen sind mit einer Mischung aus gleichen Theilen von Schwefelantimon und chlorsaurem Kali gefüllt. Diese Zündmischung scheint auch nach den von mir angestellten Versuchen allen Anforderungen zu entsprechen, wenn sie in gehöriger Weise bereitet und conservirt worden ist. Sie besitzt eine Entzündungs- und Explosionsfähigkeit, die der des Knallgases nicht viel nachsteht, sie lässt sich ohne bedeutende Mühe bereiten, und in gut gefertigten Patronen ohne Gefahr transportiren und sogar lange Zeit in gutem Zustande erhalten. Ihre Wirksamkeit als Knallpulver nimmt nur um Weniges ab, wenn man dieselbe mit einer kleinen Quantität gewöhnlichen Mehlpulvers versetzt, und nimmt in nicht unbedeutendem Grade zu, wenn man bei Anfertigung der Patronen die innere der letzteren Höhlung mit einer äusserst dünnen Schichte gut ausgetrockneten Kohlenpulvers überzieht.

Soll aber die Zündmischung die genannten Eigenschaften besitzen, so ist es vor allem nothwendig, dieselbe auch in gehöriger Weise zuzubereiten. Sowohl das Schwefelantimon, als auch das chlorsaure Kali muss man zu diesem Zwecke im reinsten Zustande und zwar in Pulverform sich zu verschaffen suchen. Das Mengen beider Bestandtheile soll nach und nach und zwar in

kleinen Quantitäten, und soll so lange das innige — aber vorsichtige — Ineinanderreiben geschehen, bis der Zündsatz weder von dem einen noch von dem anderen Bestandtheil mehr eine Spur erkennen lässt. Eine Probe der brauchbaren Mischung muss mit einem glimmenden Spänchen berührt, unter starkem Knalle momentan abblitzen. Die Mischung muss auf einer vorher (etwa bis zur Siedetemperatur des reinen Leinöls) erhitzten, glatten Kupferplatte gut ausgetrocknet werden, ehe man dieselbe zum Füllen der Patrone verwendet.

Einen nicht unbedeutenden Einfluss auf das wirkliche Eintreten der Zündung hat die Einrichtung der Patronenhülse, welche die Enden der Leitung sowohl, als auch den Zündsatz aufzunehmen hat. Wir wollen daher die für verschiedene Zwecke bekannt gewordenen Constructionen der Patrone kurz betrachten. Bei den im Radauthale im Harz vorgenommenen elektrischen Zündversuchen [46] wurde, um die in das Bohrloch einzuführenden Drähte in dem erforderlichen Abstande von einander zu halten, „für jede Ladung ein Holzstäbchen *A* (*Fig. 117*) von $^1/_4$ Zoll Dicke und $^3/_4$ Zoll Breite vorgerichtet, auf beiden schmalen Seiten mit längs hinablaufenden Nuthen *a* zur Aufnahme der darin befestigten Leitungsdrähte, ungefähr 1 Zoll über dem unteren Ende aber mit einer Bohrung *b* durch die Dicke des Stäbchens versehen. Die unteren zugespitzten Enden der in den Nuthen befestigten Leitungsdrähte waren rechtwinklig umgebogen und so in das Stäbchen getrieben, dass in der Bohrung die Spitzen mit sehr geringem Zwischenraum einander gegenüber standen“. Die Bohrung wurde dann mit dem Varrentrapp'schen Zündsatz gefüllt, an beiden Seiten mit Wachs verklebt, ein Theil der Pulverladung in das 7—8 Zoll tiefe Bohrloch geschüttet, der Stab eingesetzt, sodann der andere Theil des Pulvers darauf und, endlich als Besatz, Sand aufgeschüttet.

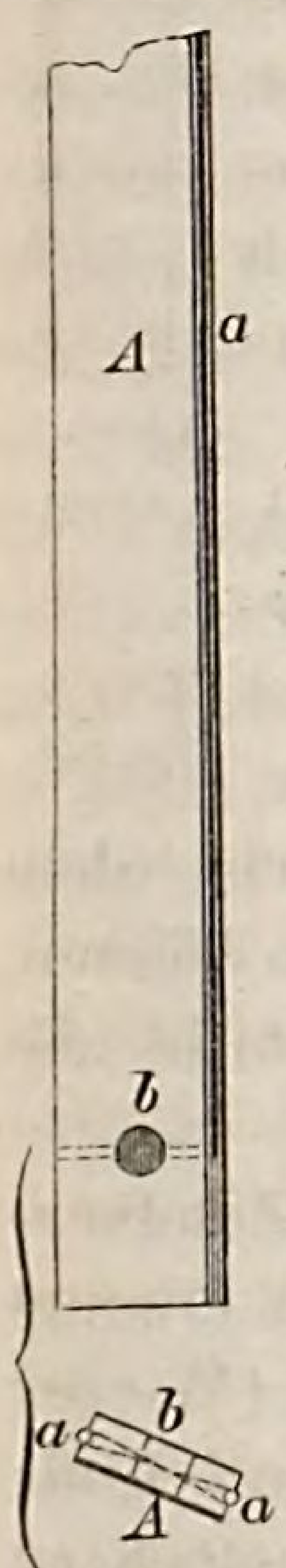


Fig. 117.

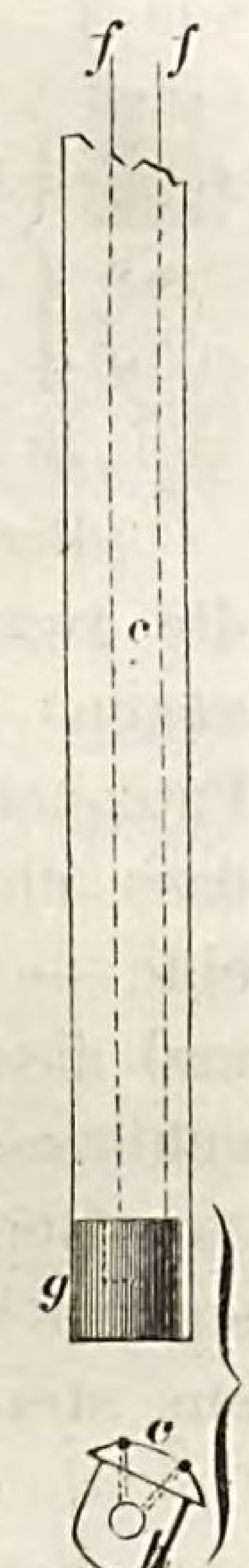


Fig. 118.

Gätschmann änderte theils der Raumersparniss halber, theils deshalb, weil diese Vorrichtung nicht als sicher genug erschien, dieselbe dahin ab, dass er statt der viereckigen Stäbchen bloss dünne breite Späne (*Fig. 118*) zurichten liess, die an der einen an die Wand des Bohrloches anzulegenden Seite abgerundet waren. An dieser Seite wurden die beiden Drähte *f* in die dazu vorgerichteten Nuthen eingesenkt, in dem erforderlichen Abstande von einander hinabgeführt und durch Bindfaden befestiget. Die zugespitzten und rechtwinklig umgebogenen Enden der Drähte wurden in ein unten an den Span angeleimtes Holzstückchen *g* so eingeführt, dass sie in einer in dasselbe eingebohrten Höhlung *h* sich einander bis auf einigen Abstand näherten. Die mit Zündpulver angefüllte Höhlung wurde mittelst Gummi mit Papier verklebt. „Auf diese Weise lagen die Drähte an der Bohrlochswand an, durch den Span ganz vor dem Stampfer geschützt, die Mündung der mörserartigen Höhlung nach oben gewendet, so dass also die darüber liegende Pulverladung von unten entzündet werden musste“. Diese Einrichtung erschien jedoch theils der Festigkeit der Drähte, theils anderer Umstände halber noch zu mangelhaft, und es wurden daher bei den späteren

Arbeiten die Drähte zwischen zwei schmale Pappscheiben *i* (*Fig. 119* und *120*) eingelegt, unten umgebogen und mit den zugespitzten Enden in die Höhlung eines angeleimten Stöckchens der oben beschriebenen Einrichtung geführt. Hierdurch wurde an Raum erspart, die Art des Besetzens wurde vereinfacht, und der Stampfer (*Fig. 121*) erhielt so eine leicht herzustellende Gestalt. Um die Drahtenden in der Höhlung richtig zu erhalten, wurden dieselben nicht bloss rechtwinklig umgebogen, sondern aussen noch um zwei auf der Unterfläche des Stöckchens eingeschlagene Stifte *k* (*Fig. 119*) geschlungen. Nach GÄTSCHMANN's Angaben[47] sollen diese Anordnungen bei allen hierüber vorgenommenen Versuchen genügt haben, und er räth dabei an, die Leitstäbchen, Späne und Pappstreifen so lang zu machen, dass die mit Knallpulver gefüllten Stöckchen in das Tiefste des Bohrloches zu stehen kommen, weil, wenn von hier die Zündung der Pulvermasse ausgeht, der Schuss mehr leistet, als wenn die Zündung von oben beginnt, ferner das Knallpulver durch die Pulverladung gegen eine durch die Operationen des Besetzens herbeigeführte frühzeitige Explosion geschützt werde.

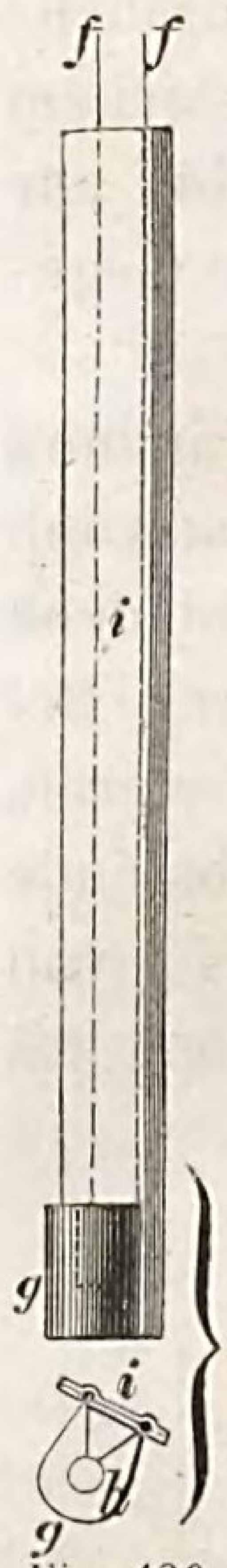


Fig. 120.

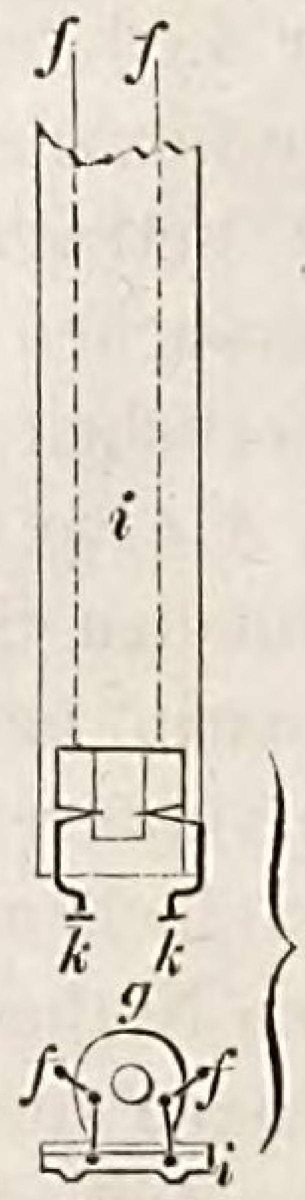


Fig. 119.


Fig. 121.

Diese Anordnungen haben, wie man sieht, noch manche Mängel, die zwar bei gewöhnlichen Sprengungen nicht so sehr hervortreten, hingegen bei Anwendungen für Kriegsminen die eben beschriebenen Patronen völlig untauglich machen. Die Hauptmängel bestehen darin, dass die Drähte nicht genügend fixirt sind, dass diese Patronen nicht ohne eine — wenn auch geringe — Gefahr verpackt und transportirt werden können, und dass sie überhaupt gegen mechanische Beschädigungen durchaus nicht die gehörige Festigkeit darbieten.

Bei den vom Freiherrn v. EBNER im Jahre 1856 vorgenommenen Zündversuchen wurden[48] die Patronen in folgender Weise angefertiget: „Man erzeugt aus starkem geschöpften Papier Hülsen (*Fig. 122*), deren Höhe 1 Zoll (Wiener Maass), innere Lichte ½ Zoll und Wandstärke 1 Linie betragen kann. Durch zwei seitwärts gestochene Löcher *D*, *C B* — *F*, *G H* zieht man ein Drahtstück *A E J* von beliebiger Länge ein, dem man durch Erwärmen in seiner Mitte jede Federung benommen hat, und formt es im Innern der Hülse mit Hülfe eines Häkchens zu einer 5 Linien hohen Schlinge *E*. Zur Befestigung derselben giesst man hartes geschmolzenes Harz bis zu ihrer völligen Bedeckung ein, und lässt durch passendes Drehen der Hülse in geneigter Stellung einen Theil desselben an der Wand herausfliessen. Es bildet sich so ein Napf von Harz, aus dessen Mitte ein Theil der Schlinge frei hervorragt. Nach völliger Erhärtung des Gusses wird mittelst einer Zwickscheere ein Stück der Schlinge von solcher Länge ausgeschnitten,

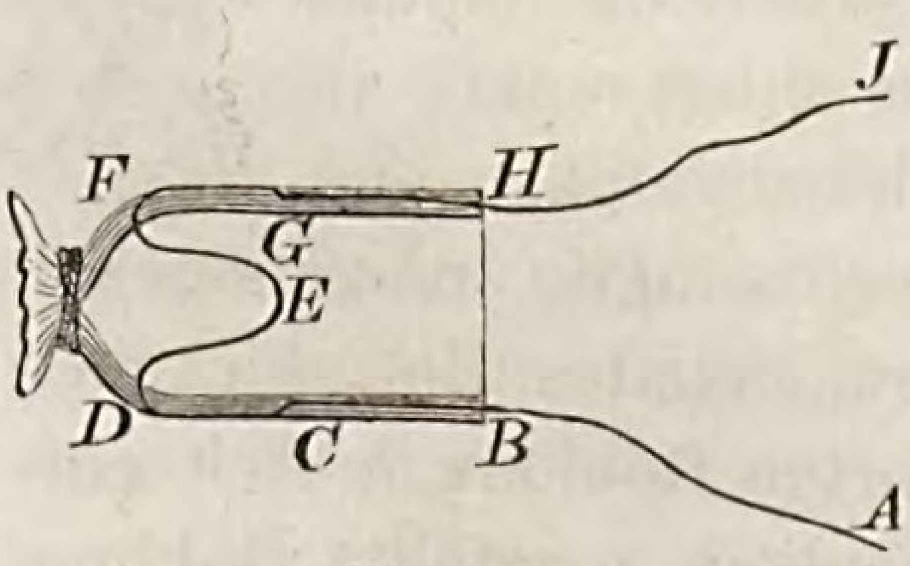


Fig. 122.

dass die mit einer Pincette ergriffenen und niedergedrückten Drahtenden x und y (*Fig. 123*) sich in einer Entfernung von höchstens $1/_4$ Wiener Linie gegenüberstehen. Man füllt hierauf mit einem Löffelchen, dessen Inhalt als Maass dient, die Zündmischung bis zu einer Höhe von etwa 2 Linien ein, bedeckt sie mit einem aus Kartenpapier ausgeschlagenen Blättchen, füllt den noch übrigen Raum mit lockerer Baumwolle — Schiesswollewerg — und presst diese durch Einsetzung eines weichen an seinem Rande mit Leim bestrichenen Korkes fest an das Blättchen an. Die an der Aussenseite frei liegenden Drahttheile CD und FG (*Fig. 122*) können mit einem Leinwand- oder Guttapercha-Streifen überkleidet werden".

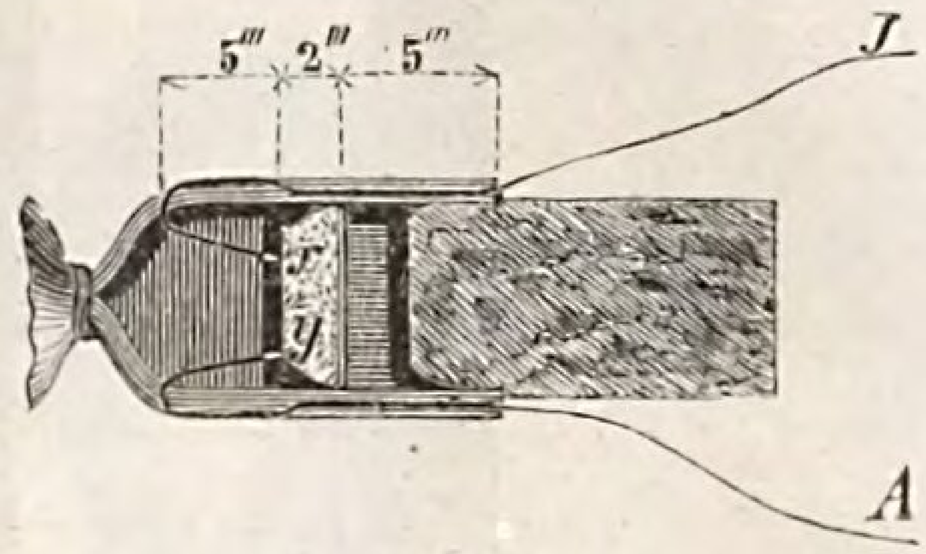


Fig. 123.

Die auf diese Weise gefertigten Patronen können nun in verschiedener Weise zur bequemen Handhabung angeordnet werden. Bei einer Art von Patronen wurde (*Fig. 124*, S. 354) ein Holzstäbchen in den die gefüllte Kapsel verschliessenden Kork eingeleimt, und mit diesem durch zwei Würgknoten fest verbunden. Die freien Drahtenden A und J werden in die Seitennuthen des Stabes eingelegt, und hier in passender Weise festgekittet. Anstatt dieser stabförmigen Zünder kann man auch die Anordnung, wie in *Fig. 125* (S. 354) machen; hier sind nämlich die aus der Patrone austretenden Drähte mit Guttaperchahüllen versehen, und in der angegebenen Weise in einander verschlungen. Will man die Patronen vor dem Einsetzen in den Pulverkasten u. dergl. erst mit dem Zündsatze füllen, so kann man die Anordnung, wie *Figg. 126* und *127* (S. 354) diess darstellen, machen. Endlich gibt noch v. Ebner an, wie man durch einen nicht zu stark mit Guttapercha umpressten Draht unter Benutzung dieser isolirenden Hülle auf einfache Weise (*Fig. 128*, S. 354) die Patronen darstellen kann.

Sehr empfindliche Patronen der letztgenannten Anordnung wurden nach Art der Statham'schen Zünder [49] von Verdu bei seiner (unten beschriebenen) Zündungs-Methode benutzt [50]. Die Anfertigung dieser Patronen kann beiläufig in folgender Weise vorgenommen werden: Eine Röhre aus Guttapercha von beiläufig 4 Zoll Länge und 1 bis $1\,1/_4$ Linien innerem Durchmesser wird an einer Seite aufgeschlitzt, dann durch Erhitzen an einer Weingeistflamme, wofür auch ein gelindes Sandbad ausreicht, erweicht, und hierauf in diesem Zustande mit einem aus Schwefelkupfer und Schwefelblumen angefertigten Satze innig und teigartig vermischt und malaxirt. Hierauf wird in diese Röhre, während sie in teigartigem Zustande sich noch befindet, ein Kupferdraht von $3/_4$ bis 1 Linie Dicke und grösserer Länge als die Röhre selbst gelegt, und mit letzterer wird nun der Draht im erhitzten Zustande gut umpresst. Ist nun dieser vulkanisirte Guttaperchadraht erhärtet, was nach etwa 3 bis 4 Tagen (zuweilen nach kürzerer, zuweilen aber auch erst nach längerer Zeit) eintreten kann, so wird die Guttaperchahülse in der Mitte mit einer Oeffnung von etwa 1 Zoll Länge versehen, so dass der Draht an dieser Stelle ganz blossgelegt wird, und eine hinreichend grosse Höhlung zur Aufnahme eines feinen Zündsatzes entsteht. Der Draht wird nun in der Mitte (nach vorherigem Herausziehen aus der Röhre) abgezwickt, und in der Röhre so verschoben, dass eine Lücke von etwa $1/_2$ bis

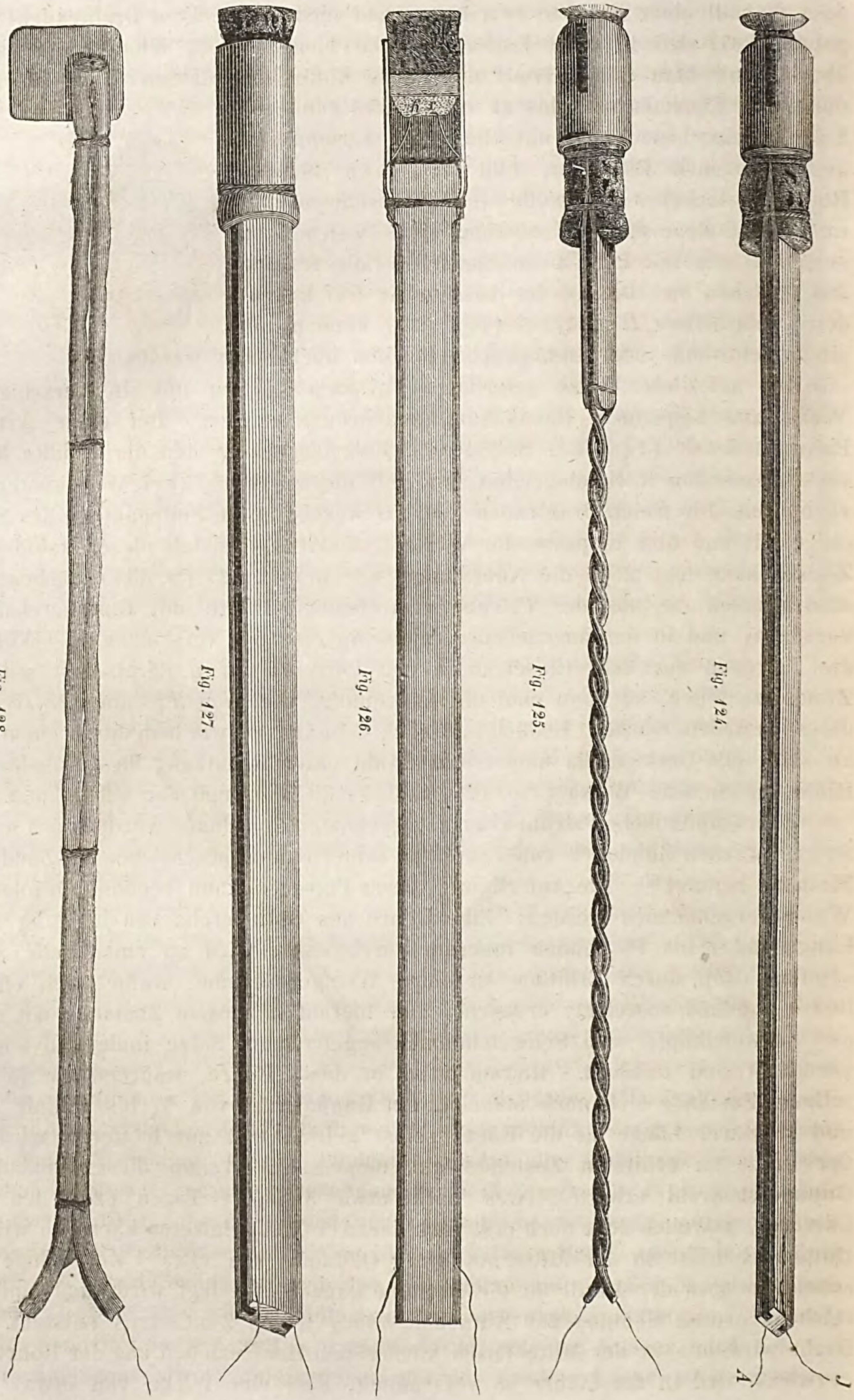


Fig. 124. Fig. 125. Fig. 126. Fig. 127. Fig. 128.

Figg. 124—128 in ¼ der wirkl. Grösse.

$^3/_4$ Linien in genannter Höhlung entsteht, während die Enden des Guttaperchrohres durch Erwärmen fest um die vorstehenden Drahtenden gepresst werden. Dem so zubereiteten STATHAM'schen Zünder kann man sodann die in *Fig. 129* dargestellte Form geben, wobei *mn* die erwähnte Lücke und *a*, *z* die Drahtenden

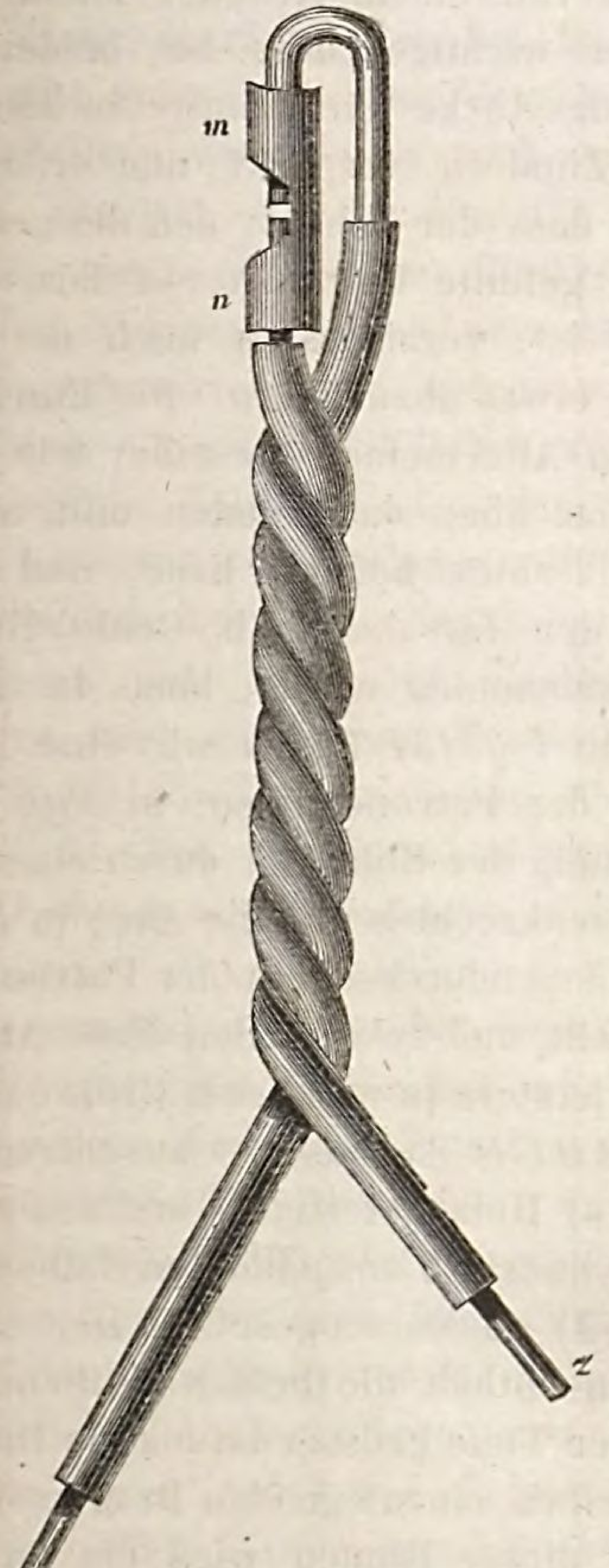


Fig. 129.

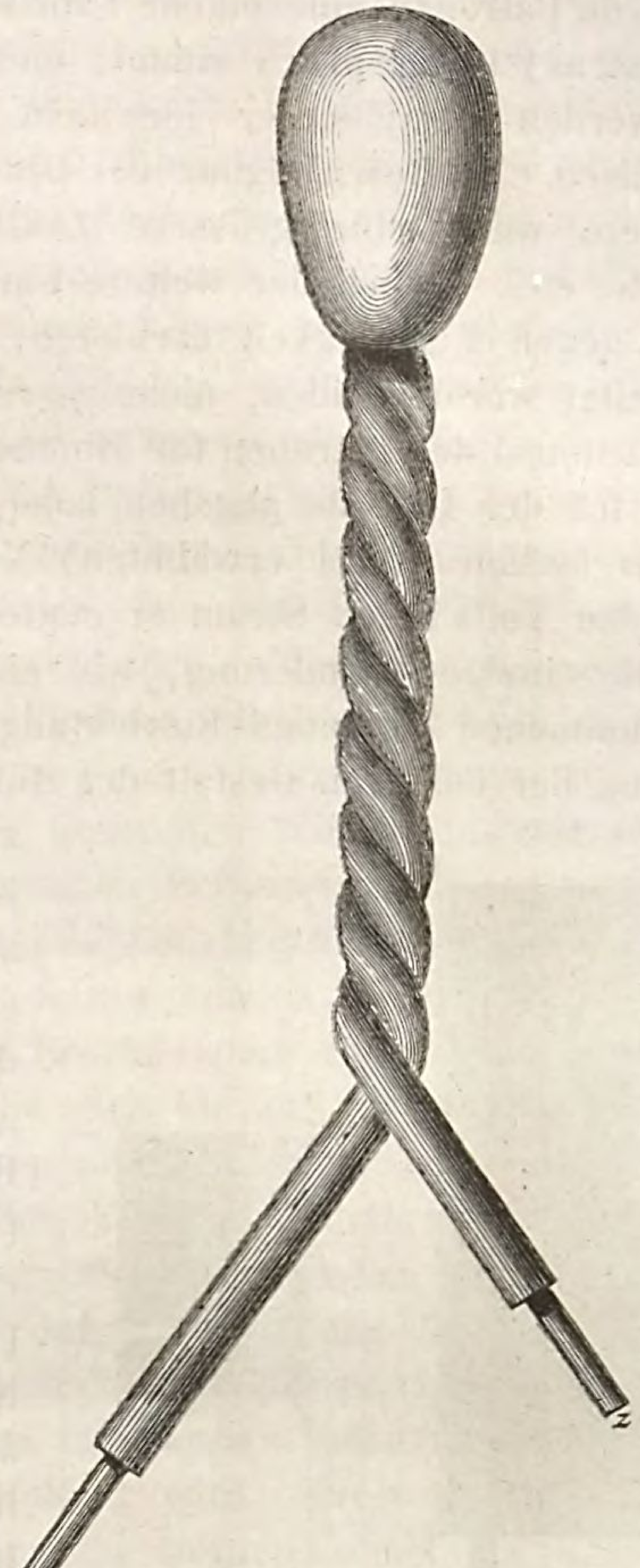


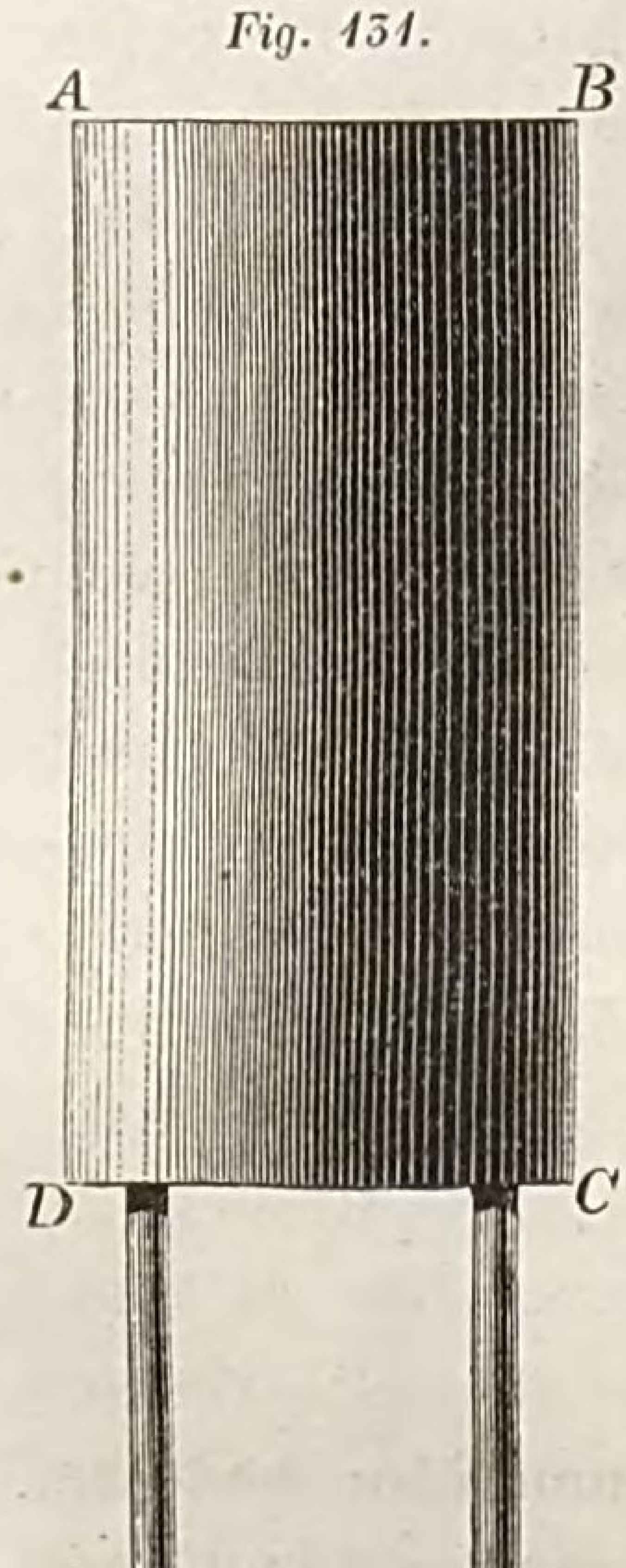
Fig. 130.

einer nach VERDU (in wirklicher Grösse) angegebenen Patronenhülse bedeutet. Die Höhlung *m n* wird nun mit einem empfindlichen Knallpulver (wofür VERDU eine kleine Quantität Knallquecksilber benutzt hat, bei meinen Versuchen aber bloss der VARRENTRAPP'sche Zündsatz angewendet wurde) sorgfältig ausgefüllt, und die Oeffnung mit einem dünnen Blättchen geschwefelter Guttapercha verklebt. Um diesen Zünder wird nun (*Fig. 130*) eine weitere Bedeckung aus Guttapercha oder Kautschuk gelegt, die vor dem Verschliessen mit einer kleinen Quantität gewöhnlichen Schiesspulvers ausgefüllt wird.

Ich habe sowohl die oben beschriebenen v. EBNER'schen Patronen, als auch solche nach VERDU's Verfahren von mir angefertigten, sowie auch eine grössere

Zahl von Mustern, die durch Hrn. Ruhmkorff mir zukam, für meine Versuche zu benutzen Gelegenheit gehabt, und mich allerdings überzeugt, dass die erstgenannten sowohl, als auch die letzteren als ganz brauchbar, und diese insbesondere als sehr empfindlich sich zeigten. Der Umstand aber, dass diese beiden Arten von Patronen eine eigene Fabrikation erfordern, die immer mehrere Tage (mindestens) in Anspruch nimmt, und nicht von einem Arbeiter allein ausgeführt werden kann; ferner der nicht minder wichtige, dass bei beiden Arten von Hülsen eine Beschädigung der Drahtleitungsstücke leicht eintreten kann, insbesondere wenn eine grössere Zahl von Zündern verpackt und transportirt wird etc. etc., endlich der weitere Umstand, dass der Schutz, den die genannten Hüllen gegen Feuchtigkeit darbieten, wenn gefüllte Patronen auf längere Zeit vorbereitet werden sollen, nicht ausreichend ist, veranlassten mich die obigen Constructionen der Patronen für Minenzwecke etwas abzuändern. Die Einrichtung, welche ich der Patrone gegeben habe, ist im Allgemeinen dieselbe, wie ich sie bei den (schon öfters erwähnten) Versuchen über das Zünden mittelst eines durch den Volta'schen Strom erzeugten Glühdrahtes benutzt habe, und es besteht die einzige Abänderung, wie sie bei den für das k. b. Genie-Regiment vorgenommenen Zündungs-Einrichtungen angenommen wurde, bloss in der Veränderung der äusseren Gestalt der Hülsen. In *Fig. 131* finden wir eine Längenansicht der Patronenhülse, in *Fig. 132* die Einrichtung der Höhlung, durch einen Querschnitt senkrecht gegen die Axe, in *Fig. 133* einen Längendurchschnitt der Patronenhülse dargestellt, und zwar stellen diese Abbildungen die letztere in wirklicher Grösse dar. Die Hülse *ABCD* ist aus gut ausgetrocknetem (Ahorn-) Holz gefertiget, und aus zwei bei *cdef* cylindrisch ausgehöhlten Halbcylindern (*Fig. 133*) zusammengesetzt. Der eine der letzteren enthält die beiden Nuthen *gi* und *kk*, deren Tiefe grösser ist als die Dicke des in dieselben einzulegenden Drahtes beträgt. In jede dieser Rinnen wird ein an einem Ende zugespitzter Kupferdraht (*ga* und *hz*) fest eingeschlagen, und dabei ganz platt gehämmert, und hierauf bei *g* rechtwinklig gegen *ga* und bei *h* senkrecht zu *hz* so umgebogen, dass die Enden *xy* in einer Entfernung von etwa $^1/_4$ bis $^1/_3$ Linie in einer zur Axe des Cylinders senkrechten Geraden einander gegenüber stehen. Der andere Halbcylinder ist mit Vorsprüngen versehen, mit welchen derselbe beim Aneinandersetzen beider Stücke in die Fugen *gi* und *hk* genau passt, und bei gehörigem Zusammenleimen

Fig. 131.



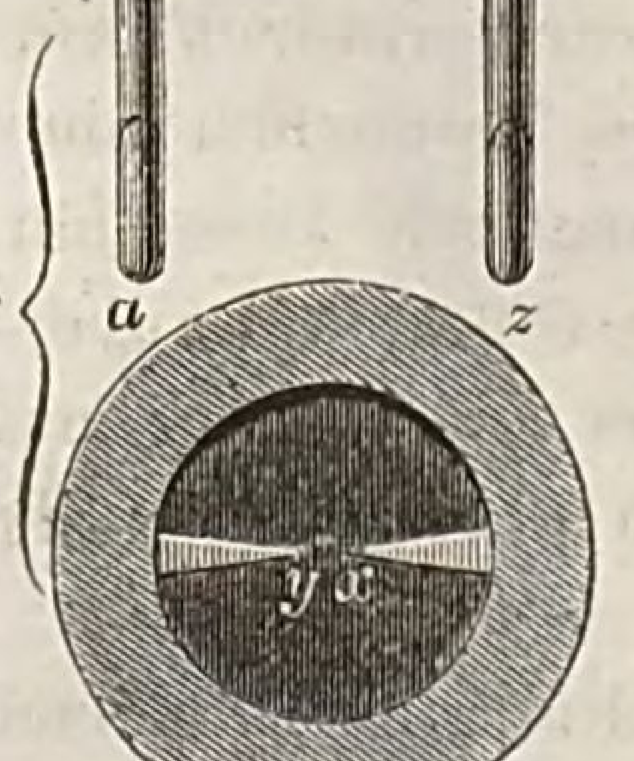


Fig. 132.

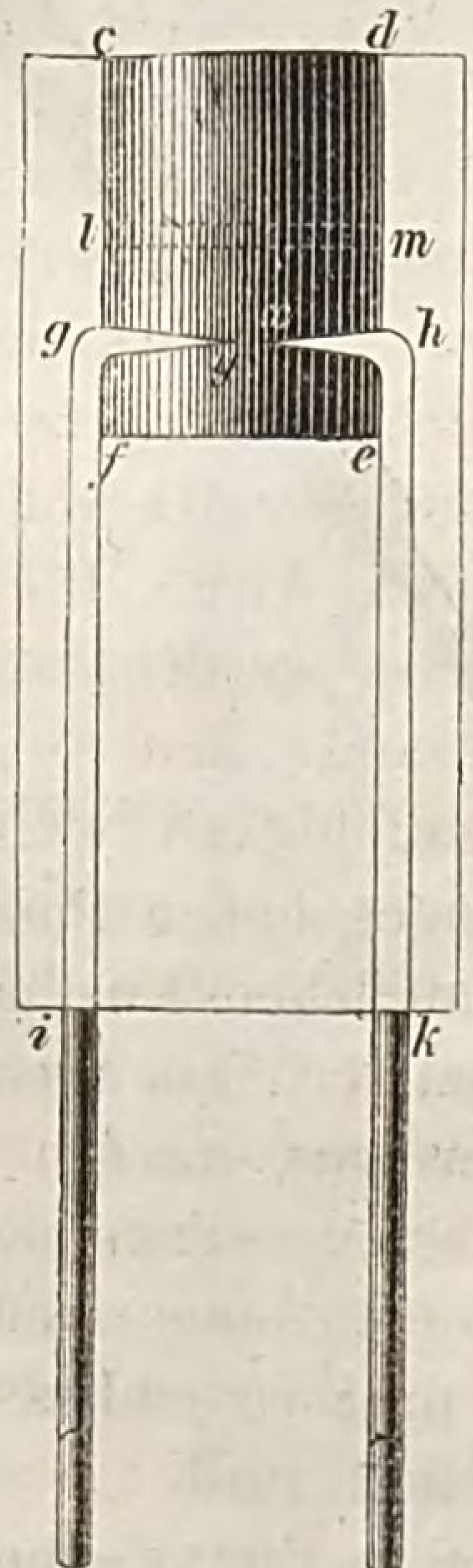


Fig. 133.

mit dem erstgenannten Halbcylinder die Patronendrähte in fester unverrückbarer Stellung erhält. Ausserdem kann man diese beiden Stücke, nachdem das feste Zusammenleimen ausgeführt ist, zur weiteren Sicherheit noch mit hölzernen Nägeln unter einander verbinden. Für Patronen, die nicht sogleich zur Verwendung kommen, sondern erst nach längerer Zeit benutzt werden, wurden die auf genannte Weise angefertigten Hülsen in erwärmten Leinölfirniss mehrmals und so lange getränkt, bis bei längerem Eintauchen in den gedachten Firniss keine Luftblasen mehr zum Vorschein kamen. Die auf diese Weise präparirten Patronenhülsen wurden bis nach vollendetem Austrocknen an Drähten frei aufgehängt, und erhielten so eine für Feuchtigkeit undurchdringliche und überhaupt eine den atmosphärischen Einflüssen widerstehbare innere Structur. Nach völlig eingetretenem Austrocknen wurde die Höhlung *cdef* etwa bis *lm* (*Fig. 133*) mit gut präparirtem und getrocknetem Varrentrapp'schen Zündsatz angefüllt, die Füllung mit einem Blättchen aus steifem Papier, dieses mit Baumwolle bedeckt, und die Höhlung sodann mit einem genau einpassenden Korke verschlossen, dessen hervorragendes Ende entfernt wurde. Die auf diese Weise gefertigte Patrone wurde nun von allen Seiten und namentlich an dem zuletzt angebrachten Verschlusse mit einem gut isolirenden Firnisse wiederholt bestrichen, und konnte so nach gehörigem Trocknen bis zur Verwendung aufbewahrt werden. Diese Zünder conserviren, wenn sie in der genannten Weise construirt werden, den (mit der Zeit mannigfachen und ungünstigen Veränderungen unterworfenen) Zündsatz durch mehrere Jahre, so dass die Zündfähigkeit desselben nach längerer Zeit dieselbe, wie am Anfange sich zeigt; ferner können, wie bereits erwähnt, die Patronendrähte selbst bei absichtlicher Beschädigung nicht leicht eine, und selbst die geringste Bewegung erhalten, die sich bis zur Lücke *xy* erstreckte, das Verpacken derartiger Patronen für einen allenfallsigen Transport kann ohne die geringste Gefahr geschehen, und endlich können derartige Patronen durch die einfachsten Hülfsmittel angefertiget werden. Ausserdem habe ich durch mehrfache Versuche mich überzeugt, dass durch Einwirkung der mit Oelfirniss durchtränkten Holzfaser auf das leicht entzündliche Zündpulver eine Selbstzündung der Patronen niemals erfolgen kann, so dass ein Vorrath vollständig angefertiger Patronen dieser Art keine Gefahr herbeiführen wird. Diese Patronen dürfen nicht bloss allen Witterungseinflüssen ausgesetzt werden, ohne ihre Brauchbarkeit zu ändern, sondern dürften auch eine kurze Zeit — etwa bis zu einer Stunde — im Wasser liegen, ohne ihre Zündfähigkeit durch den elektrischen Entladungsfunken zu verlieren. Uebrigens ist es gar nicht einmal nothwendig, dass ein Zünder die letztgenannten Eigenschaften besitzt, da derselbe ohnehin durch die Pulvermasse, von welcher er bei einer jeden Art von Sprengung umgeben wird, den hinreichenden Schutz gegen äussere Einflüsse erhält. — Ich habe hier auseinander gesetzt, dass auf die eben angegebene Weise dauerhaft zündfähige Patronen angefertiget werden können. Man wird jedoch kaum von den angefertigten Patronen, sondern bloss von den gehörig präparirten Hülsen (*Figg. 131 — 133*) einen grösseren Vorrath ansammeln, so dass man die Füllung etc. zu jeder beliebigen Zeit vornehmen kann. In dem Falle, in welchem die Patrone unmittelbar nach ihrer Vollendung zur Anwendung kömmt, ist ein Firnissen der Hülse ganz unnöthig.

Endlich erlaube ich mir noch die Construction der Zünder, wie sie in dem Laboratorium zu Krems (Oesterreich) fabrikmässig für die neuen österreichischen Feldzündapparate (S. 342) dargestellt werden, hier beizufügen. Die eine Art von Zündern (*Fig. 134*) ist aus Papphülsen gefertiget, in welche durch den Kork *G* die Leitungsdrähte *KM* und *LN* eingeführt, die ferner in ähnlicher Weise mit dem Zündsatz, der zwischen *DExy* liegt, gefüllt und bei *C* und *AB* verschlossen werden, wie diess oben (s. S. 352 u. f.) schon, nach dem von EBNER angegebnen Verfahren, auseinander gesetzt wurde. — Die zweite Art von Zündern (*Fig. 135*) ist mit Kupferhülsen versehen, enthalten bloss einen Leitungsdraht, und sollen keine so grosse Zuverlässigkeit, wie jene darbieten.

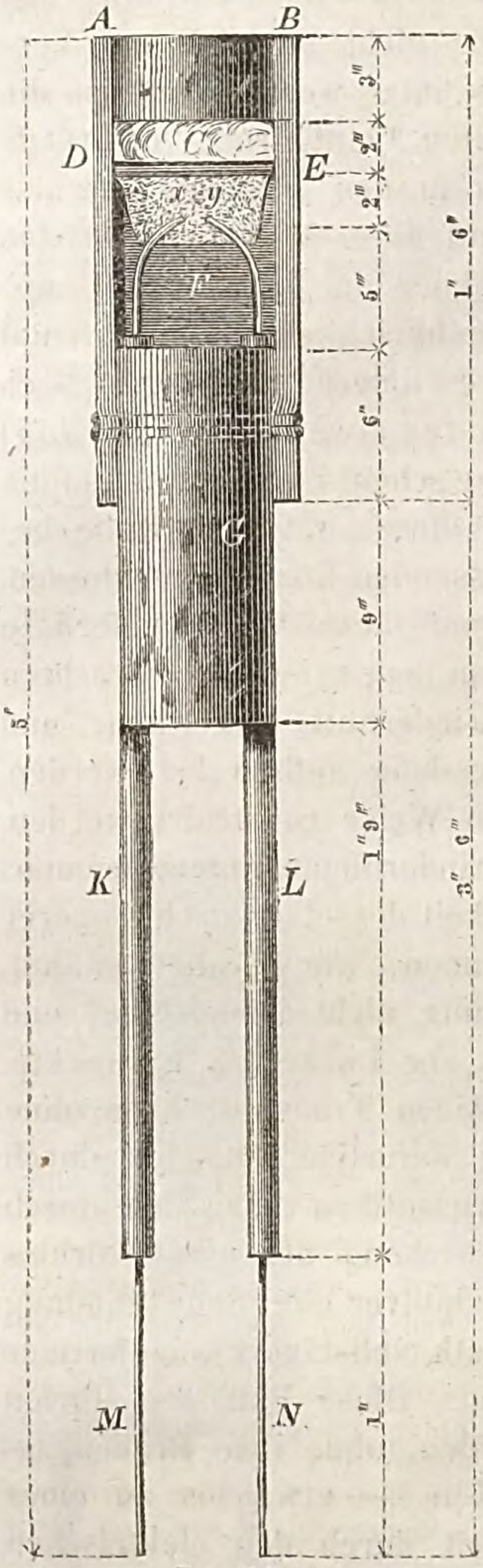


Fig. 134.

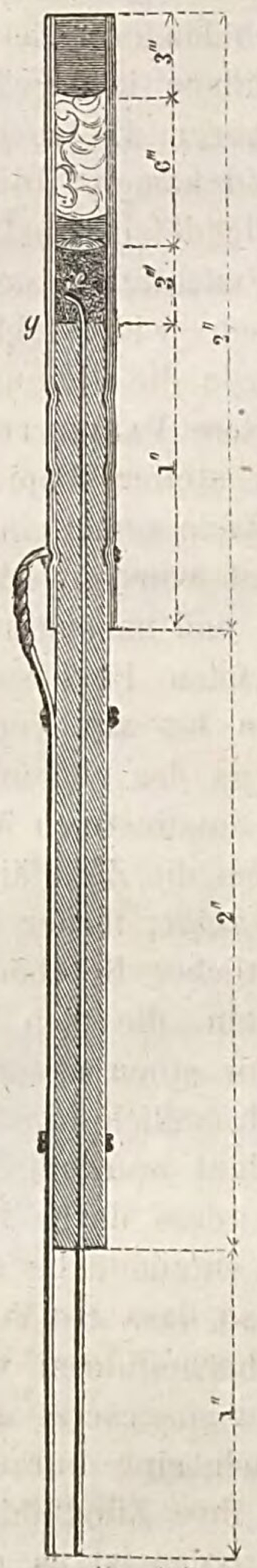


Fig. 135.

Nachdem wir nunmehr alle Theile einer Minenzündung, wie sie nach der ersten der oben aufgestellten Verfahrungsweisen (s. S. 299) vorgenommen werden kann, hinreichend erörtert haben, so bleibt uns nur noch einige Bemerkungen über die wirkliche Ausführung von Zündungen einfacher oder zusammengesetzter Objecte anzuführen übrig. Da aber die hiefür zu treffenden Maassnahmen im Allgemeinen bei allen in diesem Abschnitte zu betrachtenden Verfahrungsarten dieselben sind, so wird hierüber das Nöthige unten angegeben werden.

Anmerkungen und Citate zu Kapitel I.

[1] Sowohl in diesem, als auch in den folgenden Kapiteln des vorliegenden Abschnittes folge ich zum grössten Theile der von mir im Jahre 1857 bearbeiteten Abhandlung: „Ueber die Benutzung von elektrischen und Volta'schen Apparaten zum Zünden von Sprengladungen und Minenöfen". Dingler's polyt. Journal CXLV. 186. 270. 346. und p 401. CXLVI. 34. 94. 195. — Ausserdem benutze ich für das gegenwärtige Kapitel diejenigen Principien der Elektricitätslehre, welche im ersten Abschnitte enthalten, und hier auch wieder zur weiteren Anwendung kommen können.

[2] Ein Fall dieser Art, wie solche bei Sprengungen leider sehr häufig vorkommen, ereignete sich unlängst an den Eisenbahnbauten zwischen Holzkirchen und Miesbach (im südbayer.

Gebirge), in der Nähe des Dorfes Weyern, am sogenannten Gotzingersteeg, wo zur Herstellung eines Bergeinschnittes schon seit einiger Zeit nach dem älteren Verfahren grosse Felsenmassen gesprengt werden. „Eine einen Tag vor der auszuführenden Sprengung angelegte Felsenladung explodirte trotz aller Bemühungen der betreffenden Arbeiter nicht. Da unternahm es, ungeachtet aller Warnung, ein sehr geschickter, seit langer Zeit mit diesen Arbeiten beschäftigter Steinbohrer, die Ladung wieder auszubohren, wobei ihm eine Eisenbahnarbeiterin unterstützte. Plötzlich entzündete sich jedoch das Pulver und der Felsen zersprang unter donnerähnlichem Gekrache in mehr als tausend Stücke. Beide mit der Ausbohrung beschäftigte Personen wurden in unzählig kleine Stückchen zerrissen, diese weit umher geschleudert, und zum grössten Theil verschüttet, ausserdem noch drei in der Nähe befindliche Arbeiter so arg beschädiget, dass an ihrem Aufkommen gezweifelt wird etc. etc." (Bay. Lokalblätter.) — Da die Sprengungen für derartige Zwecke, wie der hier erwähnte, mit der grössten Sicherheit unter Anwendung irgend einer der unten beschriebenen Verfahrungsweisen sehr leicht ausgeführt werden können, so müssen Unglücksfälle, wie der vorliegende, um so mehr beklagt werden, als sie bei einer umsichtigen Leitung der Eisenbahnarbeiten offenbar ein für alle Mal vermieden werden könnten.

[3] Robert Hare. Ueber die Benutzung des Galvanismus zum Sprengen von Felsen. *Silliman Journal* XXI. 139 *; Dingler's polyt. Journal LI. 19 *.

[4] Felsensprengung mittelst Galvanismus. Polyt. Journ. LXXXVII. 78 *.

[5] Polyt. Journ. LXXXVII. 462 *.

[6] Grosse Felsensprengung mittelst der galvanischen Batterie etc. Ibid. CIII. 263 *.

[7] Th. du Moncel. *Note sur l'explosion des mines par l'électricité. Comptes rendus.* XXXIX. 649 *; Dingler's polyt. Journ. CXXXV. 370 *.

[8] Durch eine lange Reihe von Jahren wurden von den älteren Physikern elektrische Experimente, mitunter solche der eigenthümlichsten Art vorgenommen, ohne dass es gelungen wäre, leicht entzündliche Stoffe durch den elektrischen Funken in Flamme zu versetzen. Du Fay hielt es sogar (Gralath, Geschichte der Elektricität. Versuche und Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Danzig. Danzig 1747. I. 229 *. 285 *) für unmöglich, nachdem er sowohl im Jahre 1734, als auch später im Jahre 1737 zahlreiche Versuche angestellt hatte, dass der elektrische Funke „zündende Kraft besitze". Chr. Fr. Ludolff zu Berlin (Jahr 1744) konnte mittelst der an einer mit wollenen Lappen geriebenen langen Glasröhre hervorgebrachten elektrischen Funken erwärmten Weingeist entzünden, und soll überhaupt zuerst die elektrische Zündung zu Stande gebracht haben (Ibid. 285 *.) Die Originalabhandlung findet man in: *Histoire de l'Académie des sciences et des belles lettres de Berlin*, Année 1745. p. 11. — Nach anderen Nachrichten soll, wie Gralath a. a. O. bemerkt, das genannte Experiment schon im October 1743 ausgeführt worden sein. Ludolff habe dabei den Spiritus Frobenti, „der aus der Destillation des in gewissem Verhältniss vermischten Vitriolöls und Weingeistes hervorgebracht wird, und unter allen flüssigen Materien, die die Chemie uns liefert, die flüchtigste ist, und am leichtesten entzündet werden kann", benutzt. Es scheint also, dass der erste Stoff, dessen Zündung mittelst des elektrischen Funkens gelungen ist, nicht Weingeist, sondern Schwefeläther war, welch' letztere Flüssigkeit übrigens auch ohne Erwärmung entzündet werden kann. Erst Gralath konnte das Zünden in sicherer Weise bewerkstelligen. Als Erreger benutzte er eine Glasröhre aus englischem Glase von 3 Fuss Länge und 8 Linien Weite, die entweder mit weissen tuchenen Lappen oder mit weissem Papier, zuweilen auch mit der blossen Hand gerieben worden war, während der Conductor ein 10½ Fuss langer, 2½ Linien dicker, an den Enden abgestumpfter, in blau seidenen Schnuren horizontal aufgehängter Eisenstab war. Die aus diesem Conductor bei einer Schlagweite von etwa 4 Linien gegen einen mit „Spiritum vini rectificatissimum" gefüllten silbernen Löffel überspringenden Funken entzündeten den Alkohl jedesmal, wenn der Löffel erwärmt worden war. Das Entzünden von Schiesspulver durch den elektrischen Funken haben weder Ludolff noch Gralath zu Stande gebracht, und konnten es auch mit den ihnen damals zu Gebote gestandenen Mitteln aus den unten angegebenen Gründen nicht ausführen. Man muss daher auch bezweifeln, ob Bose, dessen elektrischer Apparat, den er in den Jahren 1737 bis 1744 benutzt haben will, nicht viel ergiebiger war, als der erwähnte, so gelungene Experimente anzustellen im Stande war, wie sie von ihm (G. M. Bose, Elektricität nach ihrer Entdeckung und Fortgang mit poetischer Feder entworfen, 2. Buch, p. XXVIII) selbst geschildert wurden. Es scheint vielmehr, dass Bose's Experimente, nach seinen sogenannten elektrischen Beatifications-Phänomenen zu schliessen, mehr als Spielereien angesehen werden dürften, als sie für wirkliche physikalische Untersuchungen zu halten. — W. Watson konnte mittelst seiner 2 Fuss langen elektrischen Glasröhre und einem 5 Fuss langen eisernen Conductor verschiedene brennbare Oele, erwärmten Campher,

Wasserstoffgas etc. etc. entzünden. Wenn er Schiesspulver mit Campher versetzte, die Mischung mit einem leicht entzündbaren Oele anfeuchtete, und dieselbe in einem Löffel erwärmte, so war es ihm möglich, mittelst der aus seinem elektrischen Apparate gezogenen Funken jene Mischung, und sohin auch das darin befindliche Schiesspulver in Flamme zu versetzen. In Folge dieser von W. Watson im Jahre 1745 angestellten Versuche etc. wurde ihm von Seite der k. Societät zu London der durch Gottfried Copley gestiftete Preis zuerkannt. Auf diese Weise hat auch Watson mittelst Elektricität eine Muskete abgefeuert. (S. *Phil. Trans. abridged*, X. 286 u. f.; Gralath, Gesch. d. El. II. 415*; Priestley, Gesch. d. El. 51*.) — Das unmittelbare Entzünden von Schiesspulver konnte, mochte dieses in Körner- oder in Mehlpulver-Form verwendet werden, nur durch den elektrischen Entladungsfunken, und selbst mit diesem nicht in zuverlässiger Weise geschehen. Zuerst scheint es aber nur Franklin gelungen zu sein, die hiefür günstigen Umstände zu treffen. In dem sechsten seiner Briefe an Collinson, vom 27. Juli 1750 (B. Franklin's sämmtl. Werke, deutsch von Wenzel. I. 139*) heisst es unter Anderem: „Ich habe nicht vernommen, dass einer von Ihren europäischen Elektricis bisher im Stande gewesen wäre, Schiesspulver durch den elektrischen Funken zu zünden. Wir können hier solches auf folgende Weise ausführen. Man füllt eine kleine Patrone mit trockenem Pulver, welches so stark zusammengestampft wird, dass einige Körner dabei zermalmt werden. Man steckt hierauf zwei spitzige Drähte, einen in jedes Ende (mittelst eines Korkes) hinein, so, dass die Spitzen in der Mitte der Patrone sich bis auf einen halben Zoll nahe sind. Hierauf bringt man die Patrone in den Erschütterungskreis von vier geladenen Leydener Flaschen, und entladet diese Batterie. Der elektrische Funke geht hier von der Spitze des einen Drahtes gegen die Spitze des anderen; inwendig in der Patrone, zwischen dem Pulver, entzündet sich dasselbe, und der Ausbruch des Pulvers geschieht mit dem Knalle der Entladung, in demselben Augenblicke." — Priestley bemerkt, dass diese Methode, das Schiesspulver mittelst des Entladungsfunkens zu entzünden, nicht immer von sicherem Erfolge begleitet sei. Er sagt nämlich (Gesch. d. El. p. 470*): „Wenn man das Schiesspulver in Federkielen oder Patronen auch noch so dicht einstampft, und dieselben in Schraubstöcken festhält, so geschieht es doch bisweilen, wenn die Explosion auf die Mitte derselben gerichtet wird, auch sogar, wenn ein Draht in der Mitte des Pulvers geschmolzen ist, und man die Stücke davon einige Zeit lang an verschiedenen Orten des Zimmers glühend gesehen hat, dass das Pulver entweder gar nicht, oder nur wenig Körner davon entzündet werden, indem das übrige Pulver mit der grössten Gewalt zerstreut wird etc." Bekanntlich schrieb Priestley diese Erscheinung des Zerstreuens von Pulver, sowie andere damit zusammenhängende Erscheinungen einer eigenen Seitenkraft zu, die bei jeder Batterieentladung auftrete. — Von Cavallo wurde (im J. 1778) ebenfalls auf die unsichere Zündung des Schiesspulvers nach dem von Franklin angegebenen Verfahren aufmerksam gemacht. Cavallo sagt: Man könne auf die früher angegebene Weise das Schiesspulver wohl entzünden, wenn man ein Röhrchen von Federkiel oder eine kleine Patrone mit Schiesspulver füllt. „Ist das Pulver mit Stahlfeile vermischt, so wird es sich leichter und bei einem sehr geringen Schlage entzünden" (Cavallo's vollständige Abhandlung der theor. und practischen Lehre von der Elektricität, nebst eigenen Versuchen. Aus dem Englischen. 4. Aufl. von J. M. W. Baumann. Leipzig 1797. 2 Theile in 8. I. Th. p. 231*). Später fand man, dass das nicht eingeschlossene Pulver jedesmal zerstreut wurde, wenn man die Entladungsdauer nicht verzögert; es wurde nämlich die Erfahrung gemacht, dass wenn man das Entladen einer geladenen Flasche durch eine Wassersäule oder mittelst eines in den Schliessungsbogen eingeschalteten durchnässten Bindfaden unterbricht, das Entzünden des Schiesspulvers durch den Entladungsfunken sicher bewerkstelliget werden könne (Gotha'sches Magazin für das Neueste aus der Physik etc. Bd. II. St. 2. p. 70 u. f.).

Ich bemerke bei dieser Gelegenheit, dass man die bis hieher aufgezählten Ergebnisse über das Zünden mittelst des elektrischen Entladungsfunkens schon im vorigen Jahrhunderte zum Entzünden von Pulverladungen etc. in grösseren Distanzen anzuwenden versuchte. Einige Versuchsreihen dieser Art beschreibt Cavallo (Abh. d. th. u. pr. Elektr. II. 373*), und zeigt dabei, dass die Zündungen nur dann sicher vor sich gehen, wenn der eine Theil der Leitung isolirt bleibt, während der zweite Theil der Leitung von ihm durch den Erdboden ersetzt worden ist. — Auch die Versuche über das Zünden von Ladungen in kleinen Kanonen, wie sie schon aus früheren Zeiten bekannt sind (s. Saxtorph's Darstellung der gesammten, auf Erfahrung und Versuche gegründeten Elektricitätslehre, nebst einer vergleichenden Zusammenstellung der bekannten Theorien derselben. Aus dem Dänischen von B. Fangel. Kopenhagen 1803—1804. In 2 Theilen. 8. Bd. I. p. 385* u. f.), deuten darauf hin, dass man auf derlei Anwendungen für die Praxis wenigstens dachte.

9 Ein Vorschlag dieser Art wurde von Th. du Moncel in einer eigenen Abhandlung („*Nouveau système d'inflammation à distance de substances inflammables par le courant d'une pile de Daniell et des conducteurs très-fins.*“ *Comptes rendus.* XXXVII. 953*; *Cosmos.* IV. 29*) im Jahre 1853 bekannt gemacht. Diese Idee besteht darin, mittelst des mit einer Abreissfeder versehenen Ankers eines aus beliebiger Entfernung durch eine in Thätigkeit versetzte Daniell'sche Batterie anzuregenden Elektromagneten eine unterhalb des Ankers an den Magnetpolen angebrachte, leicht durch den Schlag explodirende Pulvermasse zu zünden, und auf diese Weise die in der Umgebung des Elektromagneten befindliche Pulverladung in Explosion zu versetzen. — Ich habe unten (Kap. II) gezeigt, dass man auf eine sicherere Weise mittelst des Volta'schen Stromes in grossen Entfernungen das Zünden vornehmen kann.

10 S. Priestley Gesch. d. El. p. 474* u. f.

11 Am Harze wurde das Sprengen vermuthlich nur unter Anwendung der Elektrisirmaschine ohne Ladungsapparat vorgenommen. M. s. hierüber: Zeuner. Der Civil-Ingenieur; neue Folge, Bd. I. p. 44*.

12 Saxtorph Elektr. I. 32*.

13 Näheres hierüber s. m. Riess, Elektr. I. 22*. II. 368*.

14 Ibid. I. 23*.

15 W. Heintz. Ueber einen eigenthümlichen, durch das Elektroskop wahrnehmbaren Zustand des Glases. Pogg. Ann. LIX. 305*.

16 Riess Elektr. II. 388*.

17 M. Faraday. *On the use of gutta percha in electrical insulation. Phil. Magaz.* (3) XXXII. 165*; Pogg. Ann. LXXIV. 154; Dingler's polyt. Journal CVIII. 14*.

18 Riess. Elektr. II. 389*. (Aus Dumas's *Traité d. chim. appliq.* 1843, VI. 91.)

19 Pogg. Ann. LXVIII. 159*; Dingler's polyt. Journ. C. 379*. Ferner s. m. Dingler's polyt. Journ. CII. 168*.

20 Saxtorph. Elektr. I. 473*. Riess. Elektr. I. 303*.

21 Krönig. Journal. I. 129*.

22 Ueber die Construction von Elektrisirmaschinen und deren Einrichtung in älteren und neueren Zeiten sehe man:

M. van Marum. Abhandlung über das Elektrisiren, enthaltend die Beschreibung und Abbildung einer neu erfundenen Elektrisirmaschine. Aus d. Holl. Gotha 1777.

T. Cavallo. Abhandl. etc. I. 124. 151 etc. etc.

Bohnenberger. Beschreibung einiger Elektrisirmaschinen etc., nebst 6 Fortsetz. Stuttgart 1783—1791.

van Marum. Beschreibung einer sehr grossen Elektrisirmaschine und der damit angestellten Versuche. Leipzig 1786.

Saxtorph. Elektr. I. 58. 105 u. f.

Muncke. Physik. Wörterbuch. III. 413.

Riess. Elektr. I. 272.

Eine ziemlich vollständige Entwickelungsgeschichte der Elektrisirmaschine findet man in „K. G. Kühn: Die neuesten Entdeckungen in der physikalischen und medicinischen Elektricität. Als eine Folge der Gesch. der physik. u. medicin. Elektricität. Leipzig 1796—1797.“ 2 Theile in 8. I. 31 u. f. — Von der hier (p. 32) aufgeführten Tabelle mag das Folgende der Erwähnung verdienen, da dasselbe über die allmählige Vervollkommnung des in Rede stehenden Apparates die historischen Nachweise enthält. Ich behalte daher auch die von Kühn dabei gewählte Anordnung bei:

„Elektrisirmaschinen, deren ursprünglich elektrischer Körper

I. von Glas. Hiebei Verschiedenheiten

A. in Ansehung der Gestalt, und zwar

a. kugelförmig. Verschiedenheiten

1. bezüglich der Zahl der Kugeln:

aa. einfache Kugel. Hawkesbee (Priestley, Gesch. p. 346). Hausen (Novi profect. in hist. electricit.). Nollet (Abhandl.). Nairne (*Oeuvres de Franklin.* I. 307; Wenzel's Uebers. I. 459). Priestley (Gesch. 351 u. f.) Langenbucher (Pract. Elektr.). Bohnenberger (a. a. O.). Gütle (Beschr. eines math. phys. Maschinen- u. Instr.-Cab. St. I. 199.)

bb. doppelte. Bose (Gralath a. a. O.). Winkler (Eigensch. d. elektr. Mat.).

cc. vierfache. Winkler (a. a. O.). Watson (Priestley Gesch. 348).

dd. sechsfache. Joh. Fr. Fürst von Schwarzburg-Rudolstadt.

2. bezüglich der Befestigung des Isolators.

Entweder zwei Lager oder nur ein einziges.

b. Cylindermaschinen.
1. Zahl derselben.
aa. einfach. GORDON (Tentam. explication. electr., rat. Erf. 1745). WILSON (Priestley Gesch. p. 348). READ (Ib. 349). NAIRNE (*Phil. Trans.* 1773). CAVALLO (a. a. O.). ADAMS (Vers. über d. Elektr.). WINKLER (a. a. O.).
bb — ee. zwei, vier, acht und zwölf theils über, theils neben einander liegende Cylinder. WINKLER (a. a. O.).
2. die Cylinder waren entweder horizontal oder vertikal angeordnet.
c. Scheibenmaschinen.
1. Zahl der Scheiben.
aa. Einfach. PLANTA (Allg. d. Bibl.). RAMSDEN. INGENHOUSS (Verm. Schr.). CUTHBERSON (Abhandl. v. d. Elektr.). VAN MARUM (a. a. O.). MAGGIOTTO (Lichtenberg Magaz. f. d. Neueste. II.). BOHNENBERGER (a. a. O. 6. Forts.). GIRARDIN (*Nouv. de la républ. d. lettres etc.* 1779). LE ROY (*Mém. de l'acad.* 1772, I.). SIGAUD DE LA FOND (Kühn's Gesch. I. 150). KOHLREIF (Lichtenberg Magaz. I.). WILD (Ibid. VII.). REISER (Ibid. VII.).
bb. Zwei Scheiben. Gr. v. BRILHAC. CUTHBERSON (Abhandl. etc.). BOHNENBERGER (a. a. O. 6. Forts.).
2. Nur bei RAMSDEN's Maschine horizontal liegend, sonst immer vertikal stehend.
B. bezüglich des Reibzeuges.
Dasselbe war entweder ruhend, während der Isolator gedreht wurde, oder in Bewegung, während dieser festgehalten worden war.
II. von Schwefel. GUERIKE (Exper. Magdeb. 147; *Mém. de l'acad. de Paris 1733*), oder von Siegellack. HAWKESBEE (*Phys. mech. exper.* p. 120).
III. von gedörrtem Holze: P. AMMERSIN (Schäfer's elektr. Medicin). KOHLREIF (Lichtenberg Magaz. I.); mit Gummilack überzogen: VAN MARUM. PICKEL.
IV. von wollenem, von Seidenzeug, Wachstaft, Pappe etc.: LICHTENBERG (a. a. O. I.), BOHNENBERGER (a. a. O.). WALKIER (Lichtenberg Magaz. III.). SEIFERHELD (Beschr. e. s. wirks. Elektrisirm. Nürnb. 1787). GÜTLE (a. a. O.). INGENHOUSS (Verm. Schr.). MUNDT (Gren's Journ. VII. 319)."

(Ueber die neuesten Fortschritte in der Construction von Elektrisirmaschinen ist schon oben genügende Erwähnung geschehen.)

23 S. RIESS. Elektr. I. 284* u. f.
24 SAXTORPH. Elektr. I. 141*
25 Ibid. I. 164*. KÜHN's neueste Entd. I. 78*.
26 Berl. Ber. 1853, p. 448*.
27 SAXTORPH. Elektr. I. 278*. KÜHN's neueste Entd. I. 206*.
28 KÜHN's neueste Entd. I. 216*.
29 CAVALLO's Abhandl. I. 170*.
30 PRIESTLEY. Gesch. d. El. p. 180*.
31 CAVALLO's Abhandl. I. 139*.
32 Gilbert's Ann. XXIII. 274*.
33 Dingler's polyt. Journ. LXXIII. 125*.
34 Ibid. XLII. 387*.
35 Ibid. XC. 236*.
36 Civil-Ingenieur n. F. I. 44*.
37 Bei dieser Gelegenheit mag eine in einer älteren Zeitschrift (Physik. ökonomische Auszüge aus den neuesten und besten Schriften, die zur Naturlehre etc. gehören, mit untermischten ganz neuen Abhandl. und Zusätzen durch gemeinschaftlichen Fleiss ausgearbeitet. Stuttgart 1762, Bd. IV. St. 2, p. 305*) enthaltene Notiz der Erwähnung verdienen. Dort heisst es nämlich: „Hamburg 1762. Es befindet sich hier ein englischer Officier, welcher unter den Braunschweig'schen Truppen als Obrist dient. Dieser kann in 2 Minuten 10 Mal aus einer Flinte schiessen. Die Pfanne bleibt verschlossen. Er bedient sich eines stärkeren Pulvers; ja die 10 Kugeln gehen weiter als gewöhnlich. Die Elektricität soll der Grund von dieser Erfindung sein." In der Anmerkung heisst es weiter: „KRÜGER (Professor zu Halle) habe in seinem Buche, die Träume genannt, von einer Erfindung gesprochen, vermöge welcher statt des Schiesspulvers die Kanonen und Minen mit Wasser geladen und durch die Elektricität die Lossprengung bewerkstelliget worden sei etc. etc."
38 Ueber Entzündung von Sprengschüssen durch den elektr. Funken. Civil-Ingenieur n. F. I. 42*.
39 Freiherr VON EBNER. Ueber die Anwendung der Reibungs-Elektricität zum Zünden von Sprengladungen. Sitzungsber. der math. naturw. Klasse der kais. Akademie der Wissensch. zu Wien. XXI. 94* u. f.

[40] Gren's Journal. II. 167*. VI. 70*.
[41] *Compt. rend.* XXX. 47*.
[42] v. Ebner. Abh.; Wiener Sitzungsber. XXI. 96*.
[43] Dingler's polyt. Journ. CXLVI. 195*. 202*.
[44] Wien. Sitzungsber. XXI. 99*.
[45] Ibid. 102*.
[46] Civil-Ingen. n. F. I. 44*.
[47] Ibid. 46*.
[48] Wien. Sitzungsb. XXI. 102*.
[49] Ein mit geschwefelter — vulkanisirter — Guttapercha umpresstes Stück Kupferdraht, der an einer Stelle von der Umhüllung befreit, und hier durch eine kleine Lücke unterbrochen ist. S. hierüber *Phil. Mag.* (4) VII. 199*; Pogg. Ann. XCII. 154*; Dingler's polyt. Journ. CXXX. 350*.
[50] G. Verdú (Commandant au Corps du Génie à Madrid). *Nouvelles mines de guerre, appliquées à la défense, suivant un nouveau procédé pour mettre le feu aux fourneaux de poudre à l'aide de l'électricité. Traduit de l'espagnol.* Paris et Bruxelles 1855. p. 64*.

Schlussbemerkungen.

1. Dem Vernehmen nach hat Hr. K. Winter zu Wien, der es bekanntlich in der Construction von Scheiben-Elektrisirmaschinen schon seit langer Zeit zu einer grossen Fertigkeit gebracht hat (s. Müller's Bericht über die neuesten Fortschr. d. Phys. I. 16*), schon vor längerer Zeit kleine Zündapparate angefertiget, und soll schon im J. 1845 unter Benutzung der Telegraphenleitung von Wien nach Hetzendorf (in einer Entfernung von 15600 Fuss) eine Zündung vorgenommen haben, wobei nach Vermuthung des Freiherrn v. Ebner (s. dessen Abh. p. 92) als Zündsatz für die Patrone ein Phosphorpräparat gedient haben soll. Ueber die specielle Einrichtung seiner elektrischen Apparate hat aber Hr. Winter niemals eine Mittheilung veröffentlicht, und es lässt sich sogar aus den hierüber bekannten und äusserst kurz gehaltenen Notizen (Ber. d. Fr. d. N. W. in Wien, II. 113. 167. 196. 239. 315. 449. — Oesterr. Z. S. f. Berg- und Hüttenwesen 1856. Nr. 34; Dingler's polyt. Journ. CXLI. 395*), von welchen die erste Reihe über die Leistung seiner neuen Elektrisirmaschinen im J. 1847, die zweite „über die Entzündung von Bohrlöchern durch den elektrischen Funken" im J. 1856 veröffentlicht worden ist, entnehmen, dass man die betreffenden Einrichtungen absichtlich geheim halten wollte. — Aus den (vor kurzer Zeit) mir privatim hierüber zugekommenen Mittheilungen entnahm ich, dass der von Winter angefertigte Minen-Zündapparat der Hauptsache nach aus einer sehr wirksamen Glas-Elektrisirmaschine mit einer Scheibe und einer Ladungsflasche aus Guttapercha bestehen soll, und dass der Apparat selbst, der übrigens in zwei verschiedenen Gattungen von ungleicher Grösse geliefert werde, nur einen sehr kleinen Raum einnehme. Eine nähere Beschreibung der Winter'schen Apparate zu geben, ist unter diesen Umständen nicht möglich.
2. Unter den oben (S. 310 u. f.) erwähnten Elektrisirmaschinen habe ich die der neueren Zeit angehörende Erfindung der Hydro-Elektrisirmaschine (s. hierüber: *Phil. Mag.* (3) XVIII. 331*. (3) XIX. 25*. *Mech. Mag.* XLIII. 64*) nicht aufgezählt, weil mir die über die Wirkungen derselben bekannt gewordenen Versuche nicht die Hoffnung erregt haben, dass mit kleinen Apparaten dieser Art, wie sie für die technische Praxis in Anwendung kommen müssten, ähnliche Wirkungen erzielt werden können, wie unter Benutzung der gewöhnlichen Elektrisirmaschine. Sollten übrigens Verbesserungen dieser Art erzielt werden können, so möchten die Dampf-Elektrisirmaschinen für die Minentechnik allerdings bedeutende Vortheile darbieten.

Kapitel II.

Zündung mittelst eines durch Einwirkung des Volta'schen Stromes erzeugten Glühdrahtes.

§. 67. Allgemeines über Volta'sche oder hydro-elektrische Ketten.

Die Spannungsreihe für Contact-Elektricität.

Zu den ergiebigsten Quellen der Elektricität gehört bekanntlich der sogenannte Galvanismus oder Voltaismus; man bezeichnet gewöhnlich diese Quelle mit dem Namen Contact-Elektricität.

Unter den Leitern der Elektricität gibt es nämlich eine gewisse Anzahl von Körpern, die sich, wenn sie in einer bestimmten Form angewendet und unter einander in Berührung gebracht werden, gegenseitig elektrisch erregen, so dass von dem einen eine gewisse Menge positiver Elektricität auf den anderen, von diesem aber eine gleiche Menge negativer Elektricität auf jenen übergeht. Werden beide Körper während dieser Berührung isolirt, so zeigt jeder derselben nach der Trennung an einem empfindlichen Elektroskope einen gewissen Grad elektrischer Dichte, die, wenn man auch einen der Körper ableitend berührt, fortwährend andauert, bis die Isolation beider Körper oder deren Berührung aufgehoben wird.

Die hieher gehörigen Erscheinungen lassen sich mittelst des Volta'schen Fundamental-Versuches experimentell darlegen, über den wir bloss eine kurze Erwähnung machen wollen, während bezüglich des Ausführlicheren hierüber auf die theoretische Elektricitätslehre verwiesen werden muss.

Nimmt man nämlich eine auf einer Seite ganz eben abgeschliffene und polirte — ganz rein erhaltene — Zinkplatte von etwa 2 Zoll Durchmesser, die so angeordnet ist, dass man dieselbe an der nicht polirten Seite mit dem isolirten Conductor eines sehr empfindlichen Elektroskopes leitend (etwa durch Anschrauben) in Berührung bringen kann, und die auch ausserdem so eingerichtet ist, dass man, wenn es als wünschenswerth erscheint, in dieselbe an der letztgenannten Seite einen isolirenden Griff einschrauben kann; verschafft man sich ferner eine ganz ebenso, wie jene Zinkplatte angeordnete Kupferscheibe, so kann man unter gehöriger Benutzung dieser beiden Platten und eines sehr empfindlichen Elektroskopes [1] die genannte Thatsache darlegen. Schraubt man nämlich die Zinkscheibe auf das hiefür vorgerichtete Elektroskop, und setzt auf dieselbe die mit einem isolirenden Griff versehene Kupferscheibe, so dass zwischen beiden Scheiben eine vollkommene Berührung stattfindet, so wird man während dieser Berührung eine elektroskopische Wirkung nicht wahrnehmen. Berührt man aber die Kupferplatte, und hebt dieselbe sodann parallel zur Zinkplatte von dieser ab, so wird man in demselben Augenblicke, in welchem die Berührung aufgehoben worden ist, am Elektroskope das Auftreten einer elektroskopischen Wirkung wahrnehmen, und kann sich zugleich überzeugen, dass die Zinkscheibe positiv elektrisch geladen war. Nimmt man den Versuch in entgegengesetzter Weise vor, so dass die Kupferplatte leitend mit dem Conductor des Elektroskopes in Verbindung gebracht wird, und die Zinkscheibe nach der Berührung genau parallel von jener abgehoben werden kann, so findet man, dass in Folge der Berührung die Kupferplatte eine negative elektrische Ladung angenommen hat.

Dieselben Erscheinungen, wie sie hier von einem Zink-Kupfer-Paar erwähnt wurden, lassen sich an vielen anderen Leitern aufweisen. Alle Leiter der Elektricität, welche das Auftreten dieser Erscheinungen in bestimmter und unveränderlicher Weise zeigen, werden differente, auch Leiter erster Ordnung genannt, und man bezeichnet dieselben gewöhnlich mit dem Namen Elektromotoren, indem man jene Erregung einer hypothetischen, der sogenannten elektromotorischen Kraft zuschreibt, welche während der Dauer

der Berührung zweier Leiter erster Ordnung ihre gegenseitige elektrische Erregung vermittelt, und die hiebei auftretenden Elektricitäten nicht zur Vereinigung kommen lassen soll.

Zu den Leitern erster Ordnung gehören alle Metalle in reinem Zustande, manche Metalloxyde, die Metalllegirungen, ferner manche chemische Verbindungen, die als gute Leiter auftreten, dann verschiedene Kohlensorten. Um aber mit Sicherheit entscheiden zu können, ob Leiter dieser Art zu denen der ersten Ordnung gehören, ist es nothwendig, dieselben auf verschiedene Bedingungen, die sie zu erfüllen haben, zu untersuchen. Die sämmtlichen Leiter erster Ordnung lassen sich nämlich in eine Reihe bringen, welche vor allem die Eigenschaft hat, dass jedes Glied derselben, mit irgend einem ihm folgenden in Berührung gebracht, stets positiv, mit einem vorhergehenden aber negativ elektrisch wird. Diese Reihe hat dann die weitere Eigenschaft, dass die unter sonst genau gleichen Umständen bei Berührung irgend zweier ihrer Glieder erregten Elektricitätsmengen mit der Entfernung dieser Glieder zunehmen. Wenn also z. B. *Z* und *K* zwei Metalle bedeuten, von denen das erste positiv, das zweite negativ bei ihrer gegenseitigen Berührung erregt wird, und man will untersuchen, ob ein dritter Körper *B* zur gedachten Reihe gehört, so hat man zu ermitteln, welchen elektrischen Zustand derselbe sowohl bei der Berührung mit *Z*, als auch bei der mit *K* annimmt. Würde *B* bei der Berührung mit *Z* negativ, bei der mit *K* positiv, so würde die gegenseitige Stellung dieser drei Körper sein: *Z*, *B*, *K*; würde *B* sowohl mit *Z*, als auch mit *K* berührt, positiv, diese aber negativ, so würden sich diese drei Körper in der Ordnung *B*, *Z*, *K* folgen; würde derselbe aber mit beiden berührt, negativ, während dabei *Z* und *K* positive Elektricität annehmen, so müssten sich diese drei Körper in der Ordnung *Z*, *K*, *B* folgen. — Würde hingegen *B* mit *Z* positiv, mit *K* hingegen negativ elektrisch, so könnte *B* nicht als differenter Leiter betrachtet werden, also auch jener Reihe nicht angehören.

Eine Reihe dieser Art heisst Spannungsreihe der Contact-Elektricität. Die von Pfaff mittelst seiner Untersuchungen aufgestellte Spannungsreihe ist die im Nachstehenden vorgeführte [2]; es ist hiebei das positiv elektrische Zink an der obersten, der am stärksten negativ elektrisch erregte Körper an der untersten Stelle der Reihe: + Zink; Blei; Kadmium; Zinn; Eisen; Wismuth; Kobalt; Arsenik; Kupfer; Antimon; Platin; Gold; Quecksilber; Silber; Kohle; Glaserz; Schwefelkies; Kupferglanzerz; Kupferkies; Bleiglanz; Zinngraupen; Kupfernickel; Arsenikkies; Schwefelmolybdän; Uranoxydul; Cornisches Zinnerz; Titanoxyd; Graphit; krystallisirtes Graubraunsteinerz —. Die am meisten für hydro-elektrische Ketten verwendeten Erreger bilden nach den neueren Untersuchungen die folgende Reihe: + Zink; Zinn; Blei; Eisen; Kupfer; Silber; Platin; Graphit; Kohle —.

Erfahrungsresultate, die aus den Volta'schen Grundversuchen gezogen werden dürfen.

Die Untersuchung der elektrischen Erregung bei der Berührung differenter Leiter hat das Nachstehende herausgestellt:

1. Bei der gegenseitigen Berührung zweier differenten Leiter von derselben inneren und äusseren Natur findet niemals eine elektrische Erregung statt.
2. Werden zwei differente Leiter von verschiedener Natur entweder unmittelbar mit einander in Berührung gebracht, oder vermittelt man diese Berührung durch einen dritten Leiter, während beide Körper durch eine dünne Schichte eines nicht zur Spannungsreihe gehörigen Leiters bei ihrer Berührung von einander getrennt bleiben, so geht jedesmal von dem in der Reihe voranstehenden Leiter auf den nachfolgenden ein gewisses Quantum negativer Elektricität, von diesem aber positive auf jenen über.
3. Die bei der Berührung zweier Leiter der Spannungsreihe erregten Elektricitätsmengen lassen nach der Trennung an jedem der beiden Körper eine bestimmte Dichte wahrnehmen, deren Grösse von der Ausdehnung und der Art und Weise der Isolirung eines derselben abhängig ist. Unter allen Umständen bleibt aber bei einem und demselben Paare von Leitern die Differenz dieser Dichten ungeändert. Diese Grösse wollen wir die elektrische Differenz beider Leiter nennen. Die elektrische Differenz zweier Leiter wächst mit der Entfernung der letzteren in der Spannungsreihe.
4. Ein in sich zurückkehrendes System von Gliedern der Spannungsreihe, die mit einander in Berührung gebracht werden, lässt eine elektrische Erregung nicht wahrnehmen.
5. Geschieht die elektrische Erregung mittelst Berührung von Leitern erster Ordnung dadurch, dass man mehr als zwei derselben unter einander verbindet, so ist die elektrische Differenz derselben dennoch ebenso gross, als die bei der unmittelbaren Berührung der beiden äussersten Glieder dieses Systemes auftretende. Werden z. B. die differenten Leiter + *Z*, *B*, *E*, *K* — unter einander in der verlangten Weise in Berührung gebracht, so ist die elektrische Differenz dieses Systemes gleich dem zwischen *Z* und *K*.
6. Die elektrische Differenz eines Paares wird nicht geändert, wenn man einem Gliede desselben eine gewisse Elektricitätsmenge irgend einer Quelle zuführt.
7. So lange ein Leiterpaar der ersten Ordnung in gedachter Weise in Berührung steht, findet kein Bestreben zum Uebergange der Elektricität von einem Leiter zum anderen statt. Trennt man aber beide Leiter durch eine Schichte eines dritten Leiters, der zwar jeden der beiden Leiter elektrisch erregen, hingegen nicht als ein Glied in die Spannungsreihe eingeschaltet werden kann, so tritt das Bestreben zum Uebergange der Elektricität von einem jener beiden differenten Leiter zum anderen ein, und dieser Uebergang findet dann auch statt, wenn man diese beiden Leiter ausserhalb der sie trennenden indifferenten Schichte durch einen guten Leiter verbindet. Dieser Uebergang wird durch eine Kraft bewirkt, deren Intensität unter Anderem mit der elektrischen Differenz des angewendeten Paares wächst und abnimmt, und überhaupt eine zunehmende Function dieser Differenz ist. Diese Kraft bezeichnet man gewöhnlich mit

dem Namen (Volta'sche) Spannung, sie heisst auch elektromotorische Kraft (im engeren Sinne), und wir wollen sie kurz mit dem Ausdrucke Kraft der Kette nennen, während eine solche Verbindung, die aus einem Leiterpaar erster Ordnung und einer diese beiden Leiter trennenden Schichte eines dritten — nicht der Spannungsreihe angehörigen — Leiters besteht, eine einfache, Volta'sche oder hydro-elektrische Kette genannt werden soll.

Unter allen Umständen, die wir in der angewandten Elektricitätslehre in Betracht ziehen, ist jener dritte Leiter immer eine wasserförmige Flüssigkeit. Nicht jede wasserförmige Flüssigkeit aber eignet sich hiefür; es scheint, dass die für Volta'sche Ketten zu verwendenden Flüssigkeiten unter Einwirkung des Stromes eine chemische Thätigkeit mit einem der differenten Leiter eingehen, und ausserdem selbst eine chemische Zerlegung erfahren müssen, wenn dieselben für den genannten Zweck brauchbar sein sollen. Diese wasserförmigen Körper heissen die Leiter zweiter Ordnung, auch flüssige Leiter, während diesen gegenüber die der ersten Ordnung zuweilen auch die festen Erreger genannt werden.

Zu den flüssigen Leitern gehören: Wasser, die meisten Säuren im aufgelösten Zustande, dann viele Salzlösungen.

Einiges über die Construction einfacher und zusammengesetzter Volta'scher Ketten.

Zur Construction einer einfachen Volta'schen Kette gehören zwei feste Erreger oder Leiter erster Ordnung und mindestens ein flüssiger Leiter. Je nach der Wahl dieser drei Elemente sowohl, als auch nach der Gestalt, in welcher man die festen Erreger anwendet, lassen sich die verschiedenartigsten Formen einer hydro-elektrischen Kette darstellen.

Als feste Erregerpaare werden in der Praxis bis jetzt vorzüglich benutzt: Zink-Kupfer, Zink-Eisen, Zink-Platin, wobei das Platin entweder in Blechform angewendet, oder durch einen blossen Platinüberzug, der auf einer hiefür sich eignenden festen Unterlage niedergeschlagen wird, ersetzt werden kann, dann Zink-Kohle, wobei die aus Steinkohle und Koaks in eigener Weise bereitete Kohlensorte in Anwendung kömmt.

Als flüssige Leiter kann man hiezu verwenden: verdünnte Schwefelsäure, Salpetersäure, verschiedene Salzlösungen etc. etc.

Die festen Erreger können in Platten- oder in Cylinder-, und zuweilen auch in Stabform etc. angewendet werden. Zur Aufnahme des flüssigen Erregers wird im ersten Falle ein trogartiges Gefäss, in den letzteren Fällen ein Gefäss in Becherform angewendet, wobei das Material des Gefässes entweder Glas, oder Porzellan, zuweilen auch Guttapercha sein kann, und überhaupt von der Art sein muss, dass es keinerlei Einwirkung durch den in der Kette angewendeten flüssigen Leiter erfährt.

Werden zwei feste Erreger, z. B. eine Zink- und eine dieser gleich grosse Kupferplatte, ohne einander zu berühren, in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Gefäss versetzt, so dass der Abstand beider Platten gering ist, und

bringt man an jede der letzteren einen Kupferdraht oder einen Streifen Kupfer als Fortsatz an, so hat man, wie bereits erwähnt, eine einfache Volta'sche Kette. Auf ähnliche Weise könnte man unter Anwendung von anderen festen Erregern, oder mittelst derselben Erreger und Benutzung einer cylindrischen Form derselben eine einfache Kette bilden. Die Enden jener — vorläufig beliebig langen — Drähte kann man die Polenden der Kette nennen. Eine solche Kette heisst offen, so lange ihre Pole nicht in leitende Berührung gesetzt werden, im entgegengesetzten Falle geschlossen. Jedes Leitungssystem zwischen beiden Polen kann man mit dem Namen Schliessungsbogen oder Schliessungsleiter bezeichnen. In einer jeden geschlossenen Kette wird durch die Kraft der letzteren von dem in der Spannungsreihe auf der negativen Seite stehenden Erreger ein gewisses Quantum positiver Elektricität nach dem anderen Erreger, und von diesem ein Quantum negativer Elektricität gegen jenen übergeführt, d. h. es kömmt im Augenblicke der Schliessung ein Strom zu Stande. Dieser, zum Unterschiede von dem früher besprochenen, mit dem Namen Volta'scher oder hydro-elektrischer Strom bezeichnete, dauert nicht, wie jener, bloss einen Augenblick an, sondern findet so lange statt, als die Bedingungen zu seiner Entstehung nicht aufgehoben worden sind. Die Berührung heterogener Leiter erster Ordnung mit Leitern zweiter Ordnung ist eben eine andauernde Quelle elektrischer Ströme, die bei geschlossener Kette nicht aufhören, bis entweder die Heterogenität der beiden festen Erreger aufgehoben, oder bis einer der beiden letzteren in Folge der chemischen Wirkungen in der Kette verschwunden ist, oder endlich, bis die als Leiter zweiter Ordnung dienende Flüssigkeit derartige chemische Aenderungen erfahren hat, dass die stromerregende Kraft zu wirken aufhören muss.

Werden mehrere solche einfache Ketten von gleicher Anordnung so unter sich vereiniget, dass immer die ungleichartigen festen Erreger (oder Leiter erster Ordnung) zweier unmittelbar aneinander gestellten Ketten unter sich in metallischer Verbindung stehen, und wobei also zwei ungleichartige Erreger der ersten und letzten Kette frei bleiben, so hat man eine zusammengesetzte Kette, die oft auch Volta'sche Batterie, zuweilen auch eine säulenartige Verbindung — Säule — [3] genannt wird. Eine derartige Verbindung sehen wir in *Fig. 136* (S. 369), wo, wie in *Fig. 137* deutlicher angedeutet ist, die Kupferplatte der ersten Kette mit einer Zinkplatte der zweiten, die Kupferplatte der zweiten mit der Zinkplatte der dritten Kette verbunden ist, also die erste Zink- und die letzte Kupferplatte frei bleiben. Diese Kette ist so lange offen, als die beiden letzten Platten nicht durch einen Schliessungsleiter vereiniget werden, im entgegengesetzten Falle geschlossen. Zuweilen wird die Vereinigung mehrerer einfacher Ketten zu einer Kette von grösserer Oberfläche dadurch vorgenommen, dass die gleichnamigen Erreger aller Ketten unter sich metallisch zur Vereinigung kommen. Solche Verbindungen wollen wir, zum Unterschiede von den säulenartigen, zwei-, drei- etc. und überhaupt mehrfache nennen. Derartige Combinationen vertreten bloss die Stelle einer einfachen Kette mit grösserer Oberfläche, und lassen sich unter einander selbst wieder zu zusammengesetzten Ketten verbinden.

Zu den bekanntesten der zusammengesetzten Ketten gehören die Trogapparate, sowie die Becherbatterien. Da wir ohnehin die in diesem Abschnitte zur Erwähnung kommenden Volta'schen Batterien jedesmal, wo sich eine Gelegenheit hiefür darbietet, in Erörterung bringen werden, alle übrigen Beschreibungen hierüber aber unten in eingehenderer Weise vorkommen, so mag es ausreichen, wenn wir die Einrichtung einiger solcher Batterien hier kurz betrachten.

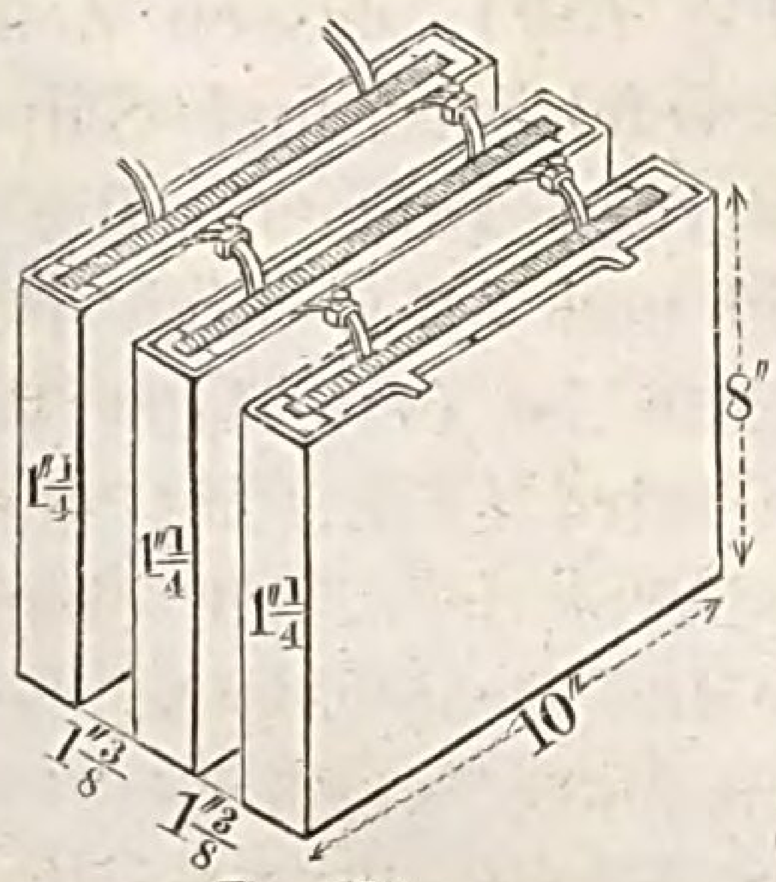


Fig. 136.

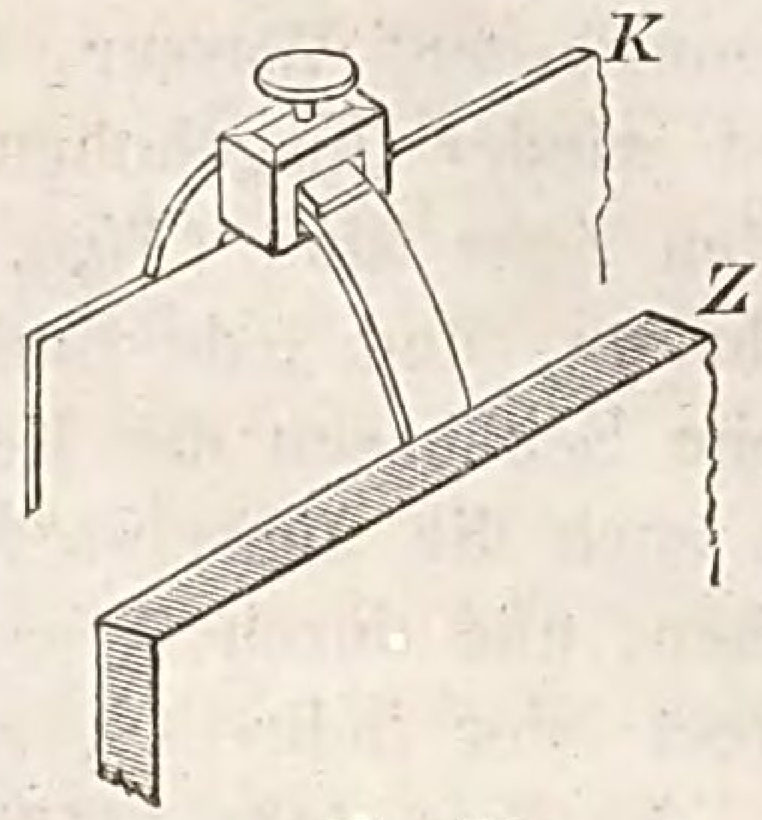


Fig. 137.

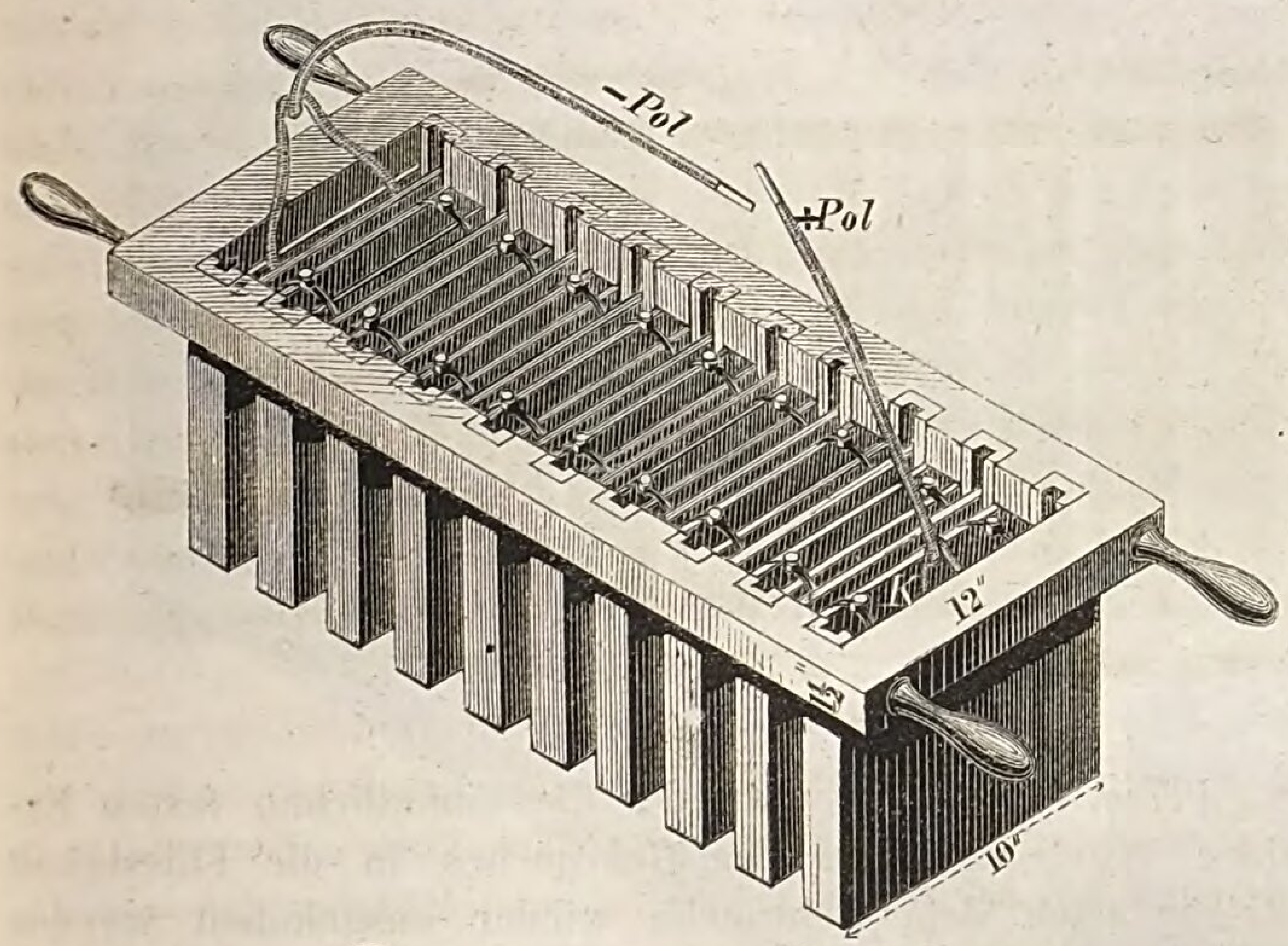


Fig. 138.

Ein aus Zink- und Kupferplatten mit getrennten Zellen eingerichteter Trogapparat ist für 10 Zellen mit allem zugehörigen Detail in *Figg. 138—142* abgebildet. Jedes Paar von Kupfer und Zink befindet sich in einer der geschlossenen Zellen, die in

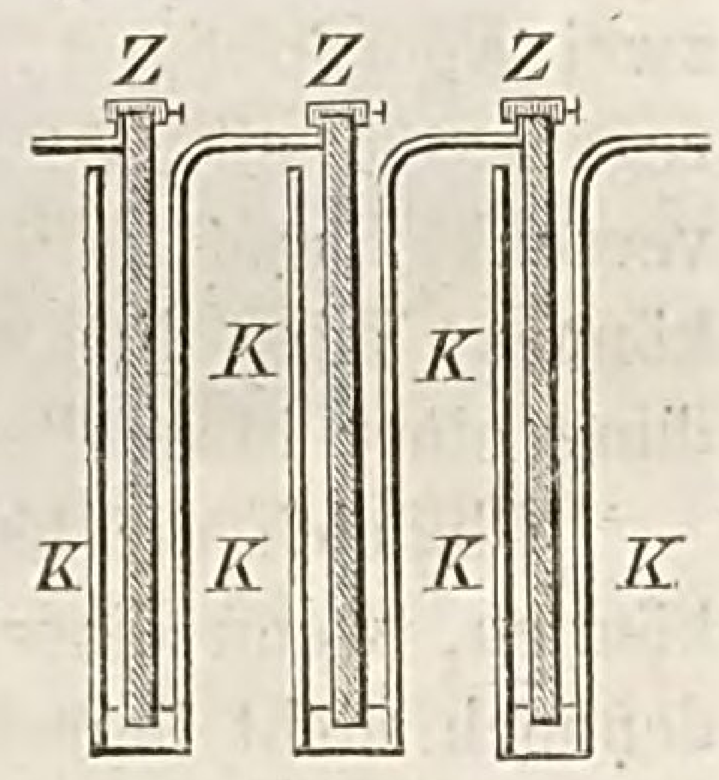
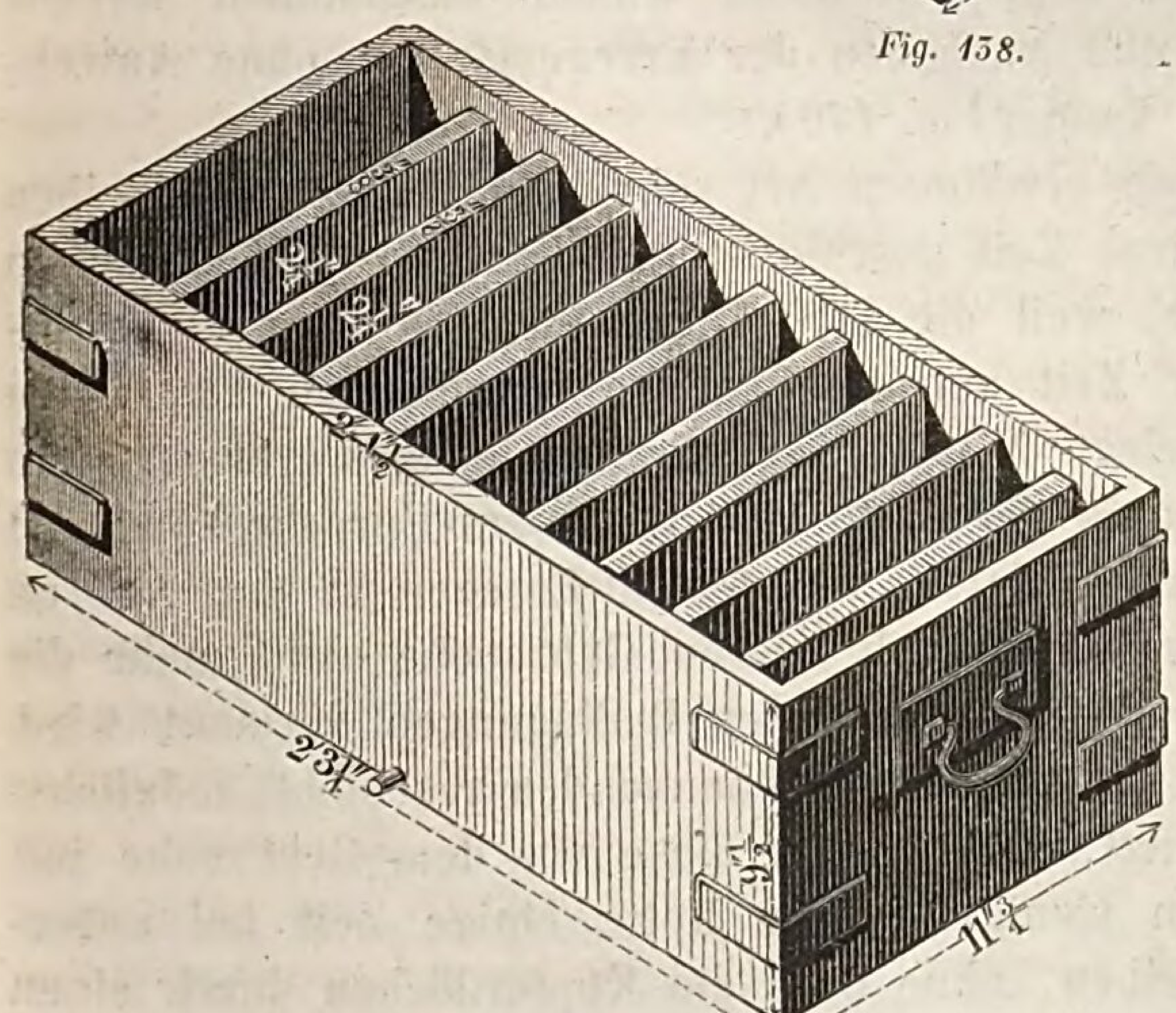
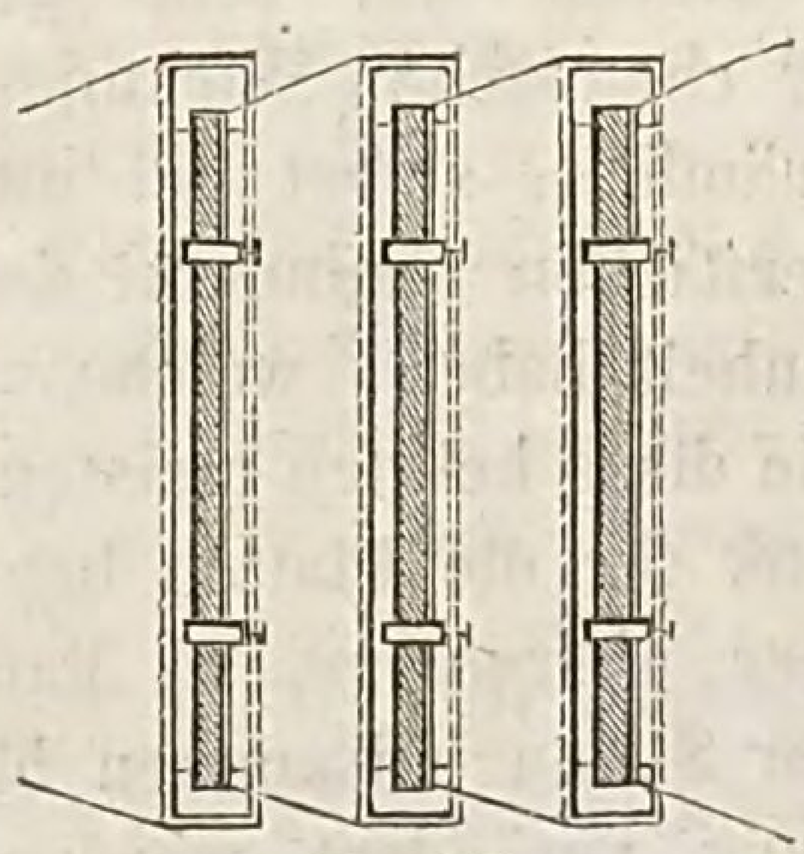
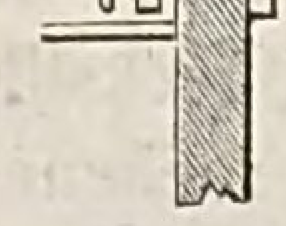


Fig. 140.


Fig. 139.


Fig. 141.


Fig. 142.

einem hölzernen Kasten durch Zwischenwände gebildet sind. Die sämmtlichen Plattenpaare sind an einem gemeinschaftlichen Rahmen befestiget, mit welchem sie (*Fig. 138*) in den Trog (*Fig. 139*), dessen Zellen die Anregungsflüssigkeit (ein Gemisch aus Wasser, Schwefelsäure und Salpetersäure) enthalten, eingesetzt und wieder ausgehoben werden können. Die Zink- und Kupferplatten einer jeden Zelle sind (*Figg. 140* und *141*) durch Holzstücke von einander getrennt erhalten, und jede Zinkplatte ist (*Fig. 140*) von zwei Kupferplatten umgeben. Beim Schliessen der Kette wird (*Fig. 138*) die äusserste Zinkplatte *z* sowohl, als auch die äusserste Kupferplatte *k* mit einem Leitungsdraht metallisch versehen, und durch diese beiden Drähte kann das Schliessen der Kette entweder direct oder indirect vorgenommen werden.

In *Figg. 143—150* finden wir alle Einzelheiten für eine Zinkeisenkette mit zehn Zellen, wie sie unten zur Erwähnung kömmt, und wir finden hier die

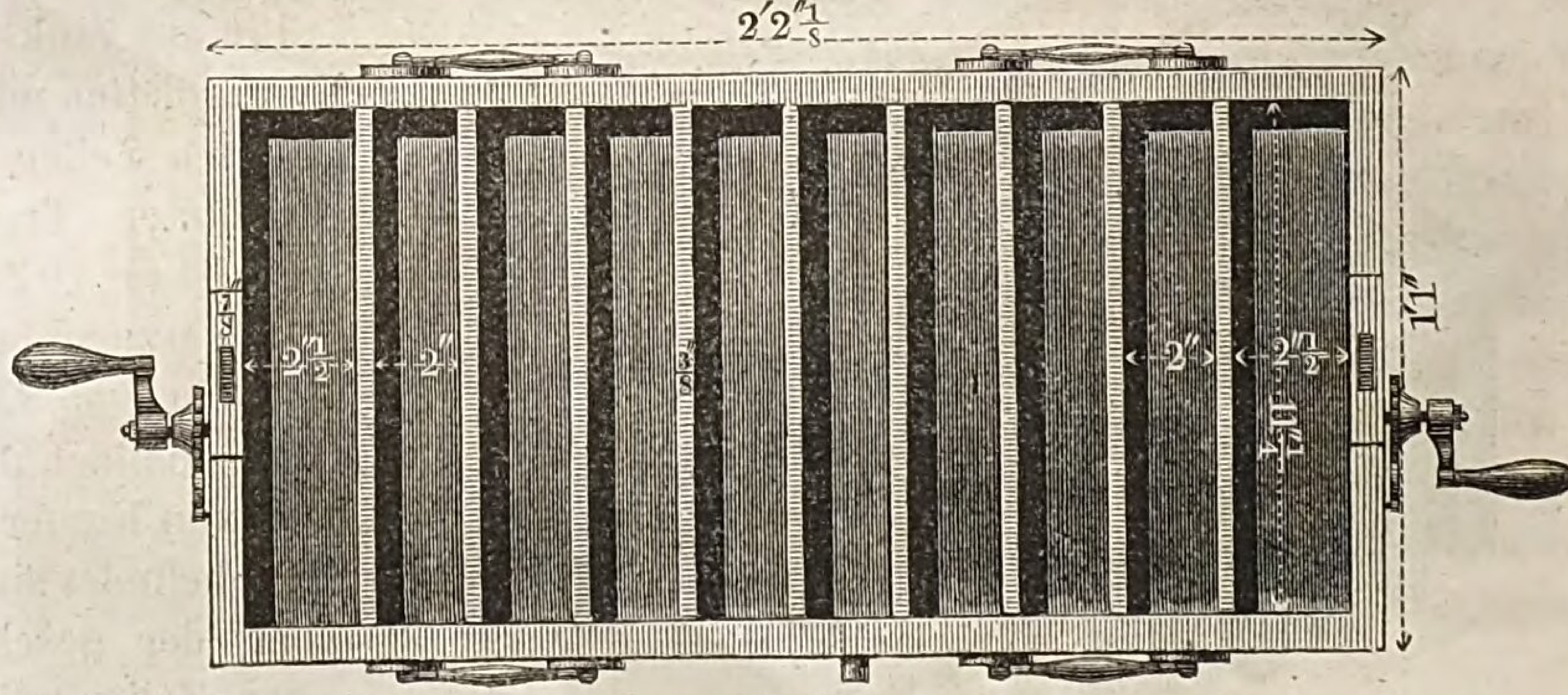


Fig. 143.

zwei Anordnungen, wo (*Figg. 143—144*) entweder die sämmtlichen festen Erregerpaare mittelst einer Winde während des Gebrauches in die Flüssigkeit versenkt, und unmittelbar nach dem Gebrauche wieder ausgehoben werden können, oder dieses Einsetzen und Ausheben der Erregerplatten ohne Anwendung einer Maschine geschehen kann (*Fig. 146*).

Obgleich die Ketten der eben erwähnten Art sehr lange brauchbar bleiben können, wenn dieselben nur kurze Zeit geschlossen bleiben, so sind dieselben dennoch nicht immer anwendbar, weil die Stärke des Stromes sehr rasch abnimmt, und schon nach kurzer Zeit auf eine Grösse herabsinken kann, bei welcher derselbe nur sehr geringe Wirkungen hervorzubringen vermag. In Folge der chemischen Wirkungen in der Kette (die unten zur Sprache kommen) werden nämlich, selbst bei offener Kette, die festen Erreger in der Art an ihren Oberflächen verändert, dass diese nach kurzem Gebrauche nicht mehr die Beschaffenheit haben, welche nach unseren obigen Bedingungen verlangt wird. Wird, wie diess bei den meisten zur Anwendung kommenden geschieht, möglichst reines Zink für die Platten benutzt, und werden diese vor dem Gebrauche mit Quecksilber überzogen, so kann wenigstens die Kette einige Zeit bei unterbrochenem Strom beisammen bleiben, ohne dass die Kupferflächen durch einen Zinküberzug verändert werden. Unter gewöhnlichen Umständen lassen sich

derartige Ketten nur für momentane Wirkungen benutzen, für solche nämlich, bei welchen das Schliessen der Kette nur während eines äusserst kurzen Zeit-

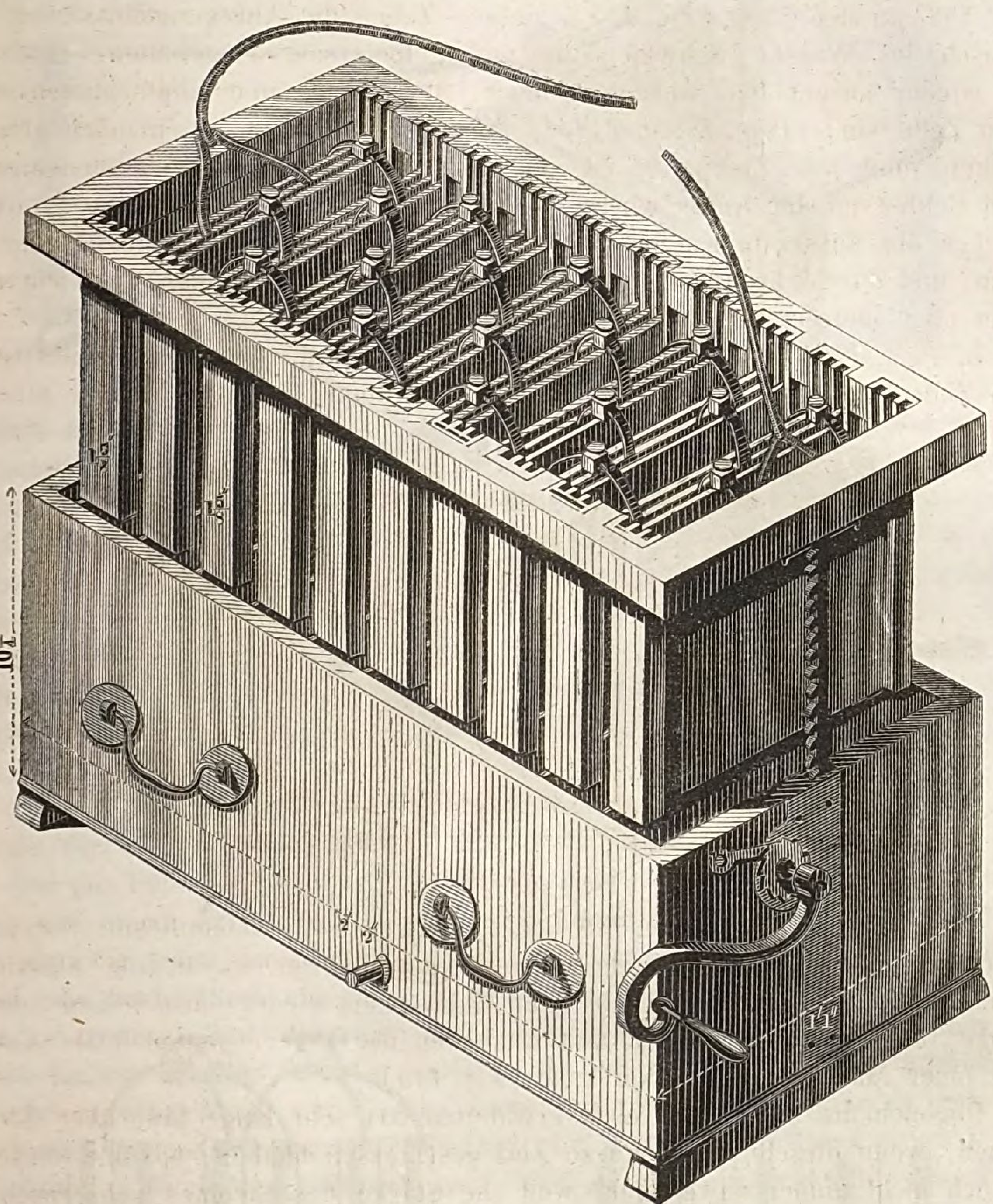


Fig. 144.

intervalles geschieht. Die festen Erreger müssen sodann, wenn die Kette für längere Zeit tauglich bleiben soll, aus der Flüssigkeit entfernt werden. Die Behandlungsweise derartiger Ketten ist daher mit bedeutenden Unbequemlichkeiten verbunden, und dieser Umstand, sowie noch andere Uebelstände, die sich von derselben aufweisen lassen, machen sie wenigstens für den Transport nicht fähig. Hingegen dürfte ihre Anwendung für die in Rede stehenden Zwecke, wenn die Transportfähigkeit nicht in Rücksicht zu kommen hat, nicht in Frage zu stellen sein, insbesondere, wenn man die-

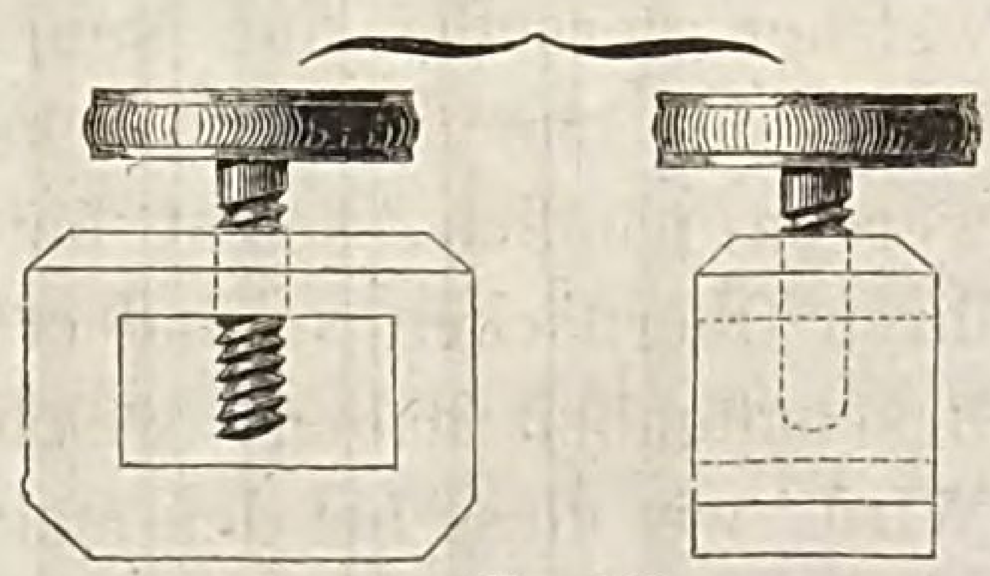


Fig. 145.

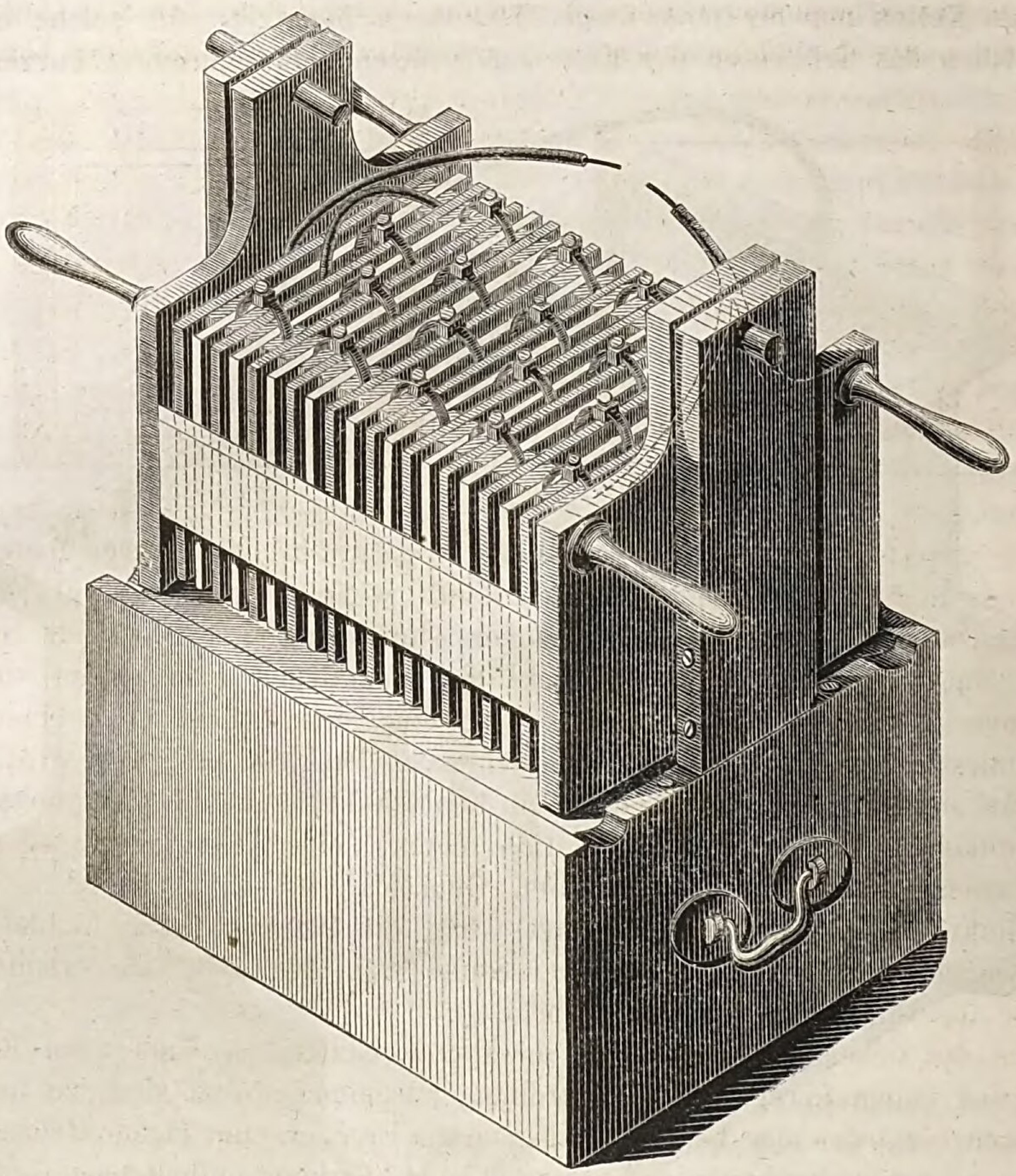


Fig. 146.

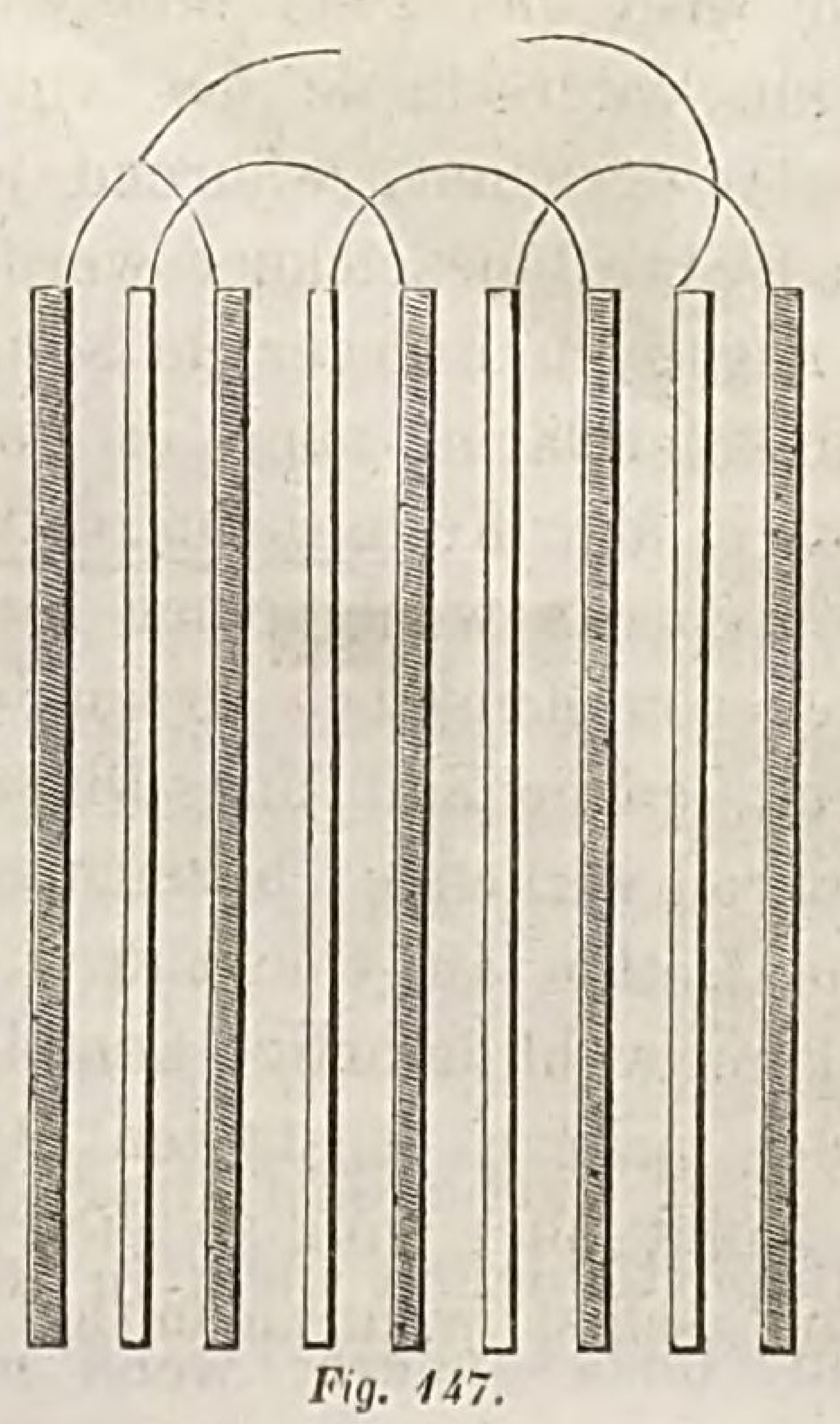


Fig. 147.

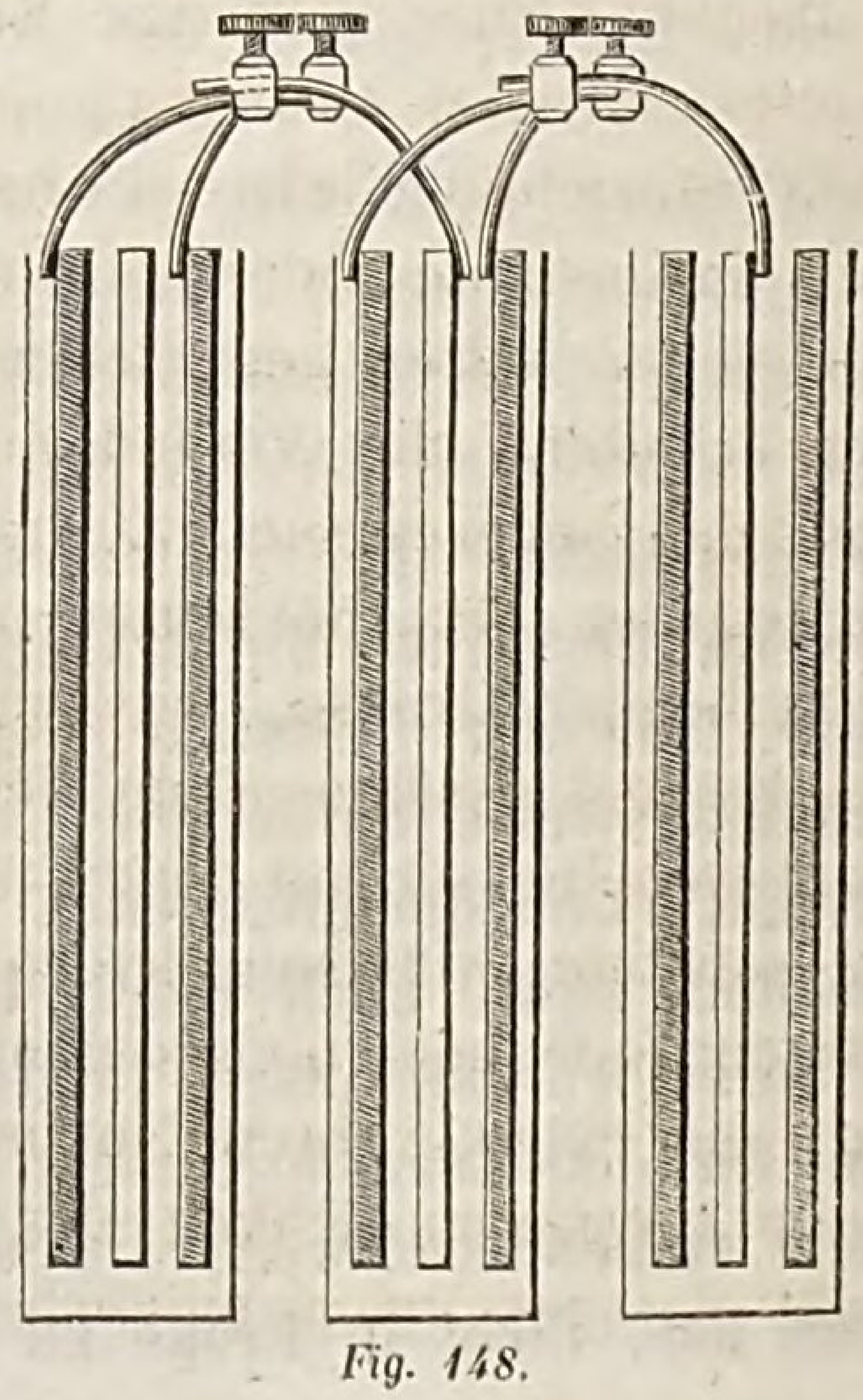


Fig. 148.

selben in etwas bequemeren Formen, wie die vorgeführten, benutzt. Ausserdem darf nicht unerwähnt bleiben, dass man jede derartige Kette mit einer Flüssigkeit

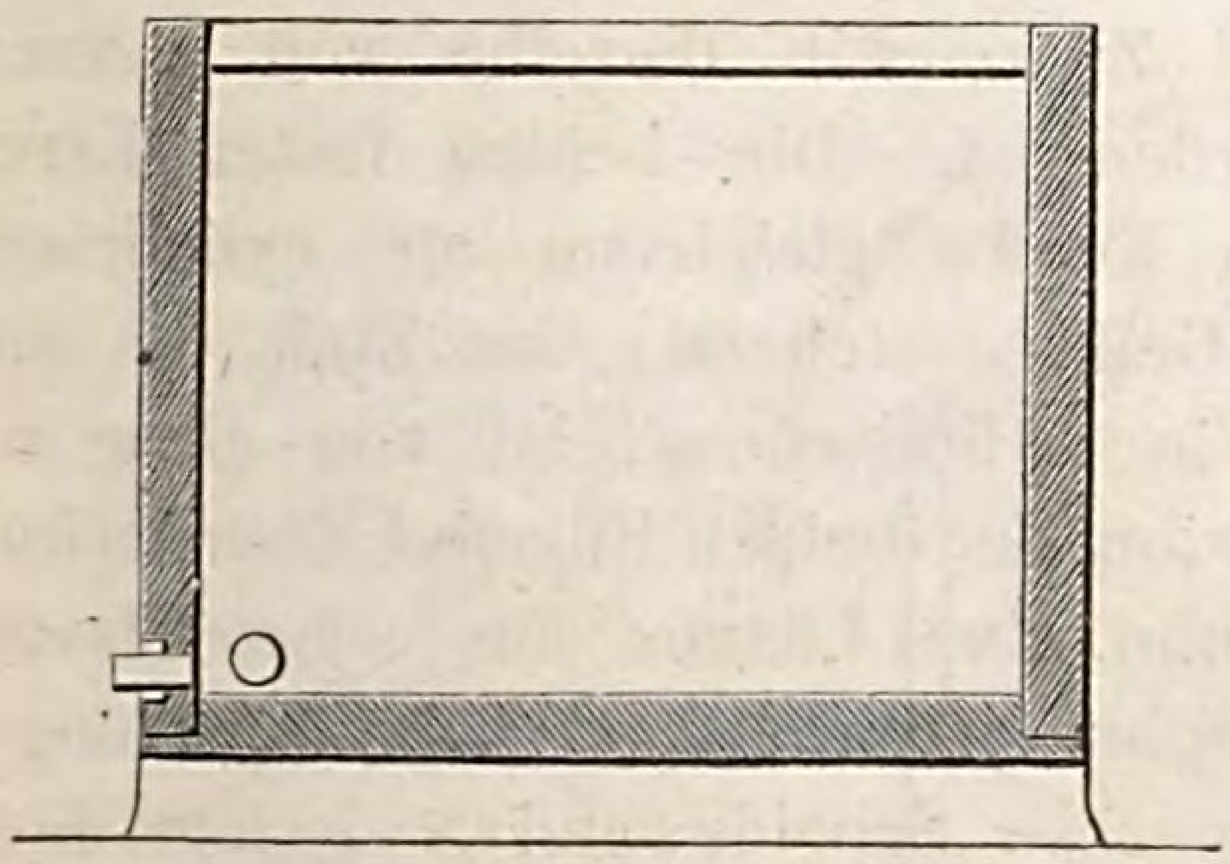


Fig. 149.

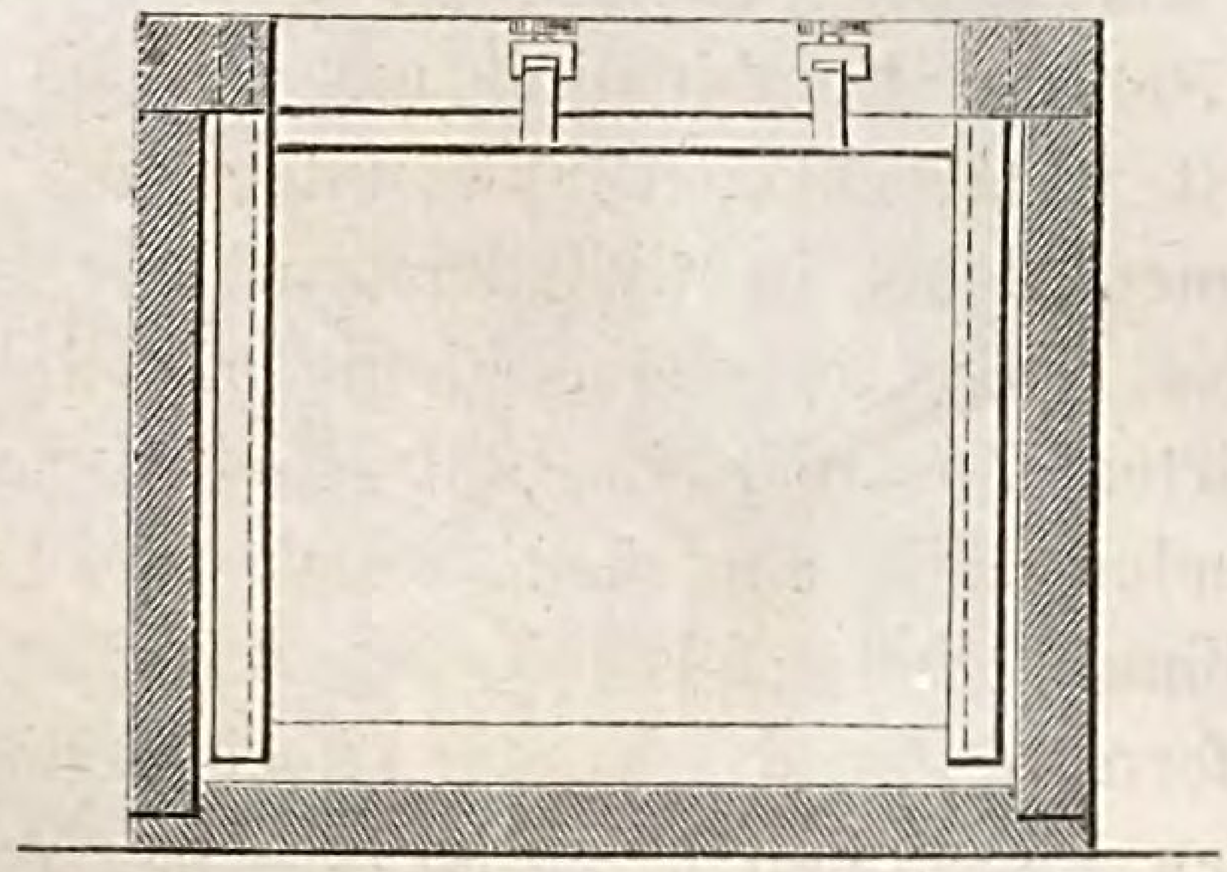


Fig. 150.

auf ihre grösste Wirksamkeit bringen und sogar während längerer Dauer eines Versuches in diesem Zustande erhalten kann, wenn man dafür sorgt, dass die Anregungsflüssigkeit beständig in einem stark bewegten Zustande erhalten bleibt. Man versetzt zu diesem Zwecke die sämmtlichen Erregerpaare in einen in Fächer abgetheilten Trog, wobei diese einzelnen Zellen unter einander in Communication stehen, wenn die Flüssigkeit in den Trog gegossen wird. Lässt man nun an einer Seite des Kastens ein Kautschukrohr in die Anregungsflüssigkeit einmünden, so kann man mit Hülfe eines kleinen Blasebalges oder überhaupt eines hiefür passenden kleinen Gebläses, dessen Luftrohr mit jener Kautschukröhre in Verbindung gesetzt wird, die Batterie durch Einblasen von Luft (wenigstens innerhalb etwa einer Stunde) in dem Zustande erhalten, der dieselbe für Glühzwecke geeignet macht.

Um die Uebelstände der oben erwähnten Ketten, die aus zwei Erregern erster und einem Erreger zweiter Ordnung zusammengesetzt sind, zu umgehen, kann man für jeden der beiden erstgenannten Erreger eine eigene Zelle wählen, indem man beide durch ein poröses, den einen Erreger enthaltendes Gefäss von einander trennt. Eine derartige Kette besteht also aus zwei differenten und zweien Leitern zweiter Ordnung, und wird zum Unterschiede der vorher beschriebenen Einrichtung eine constante Kette genannt, während jene mit dem Namen inconstante, oder veränderliche Ketten bezeichnet werden. Die Einrichtung jener Ketten gestattet zwar, den negativen Erreger in seinem Zustande zu erhalten, die Veränderung der Zinkoberfläche aber in Folge der chemischen und anderer secundärer Wirkungen in der Kette kann dabei nicht vermieden werden. Solche Ketten liefern daher ebenso wenig einen Strom von constant bleibender Grösse, wie jene, aber der von denselben erzeugte Strom dauert, selbst bei geschlossener Kette, während langer Zeit an. Diese Ketten würde man daher besser mit dem Namen „andauernd wirkende“ bezeichnen, denn eigentlich constant wirkende hydro-elektrische Ketten zu construiren, ist bis zum heutigen Tage noch nicht gelungen. Man kann wohl derartige Combinationen anfertigen, die einen während mehrerer Stunden nahezu constanten Strom erzeugen; die Unveränderlichkeit des letzteren hängt aber von so vielerlei Umständen ab, dass es kaum möglich sein dürfte, selbst wenn man auf manche

Vortheile der gewöhnlichen Ketten mit zwei Flüssigkeiten verzichten wollte, dieselben auf einen völlig constant wirkenden Zustand zu bringen.

Als Repräsentanten einer Kette mit zwei Flüssigkeiten wähle ich (siehe S. 176) die Combination aus Kupfer und Zink, wie dieselbe von Daniell [4] zuerst vorgeschlagen und untersucht worden ist. Die beiden festen Erreger kommen dabei in Cylinderform vor, das Kupfer gleichsam als cylindrisches Gefäss, selbst in einem hiefür passenden Gefässe stehend; das Zink, im amalgamirten Zustande in Stab-, oder auch in Cylinderform, ist von einer nicht leitenden Hülle umgeben, welche die Diffusion der beiden Flüssigkeiten, nämlich verdünnte Schwefelsäure für das Zink, und eine Lösung aus schwefelsaurem Kupferoxyd für das Kupfer, noch zulässt, ohne jedoch eine rasche Mischung der beiden Flüssigkeiten zu gestatten. Als poröse Scheidewand zwischen beiden Flüssigkeiten hat zuerst Daniell ein Stück Ochsengurgel benutzt, später aber hiefür geeignete Gefässe aus verglühtem Porzellan vorgeschlagen, und man hat seit jener Zeit, obgleich verschiedenartige Substanzen, nämlich Thierblase, Segeltuch, Packpapier, Pergament, Holz, Leder, Pappmasse, vegetabilisches Pergament etc. für diesen Zweck in Vorschlag gebracht worden sind, bis jetzt zum grössten Theile nur die Porzellangefässe hiefür angewendet. Eine nach Daniell's Construction zusammengestellte Combination ist in *Figg. 151—153* so dargestellt, wie man dieselbe für die vorliegenden Zwecke auch benutzen kann. Hierin bedeuten *z* die Zinkstäbe (resp. Zinkcylinder), *k* die Kupfer-, *t* die porösen Thoncylinder.

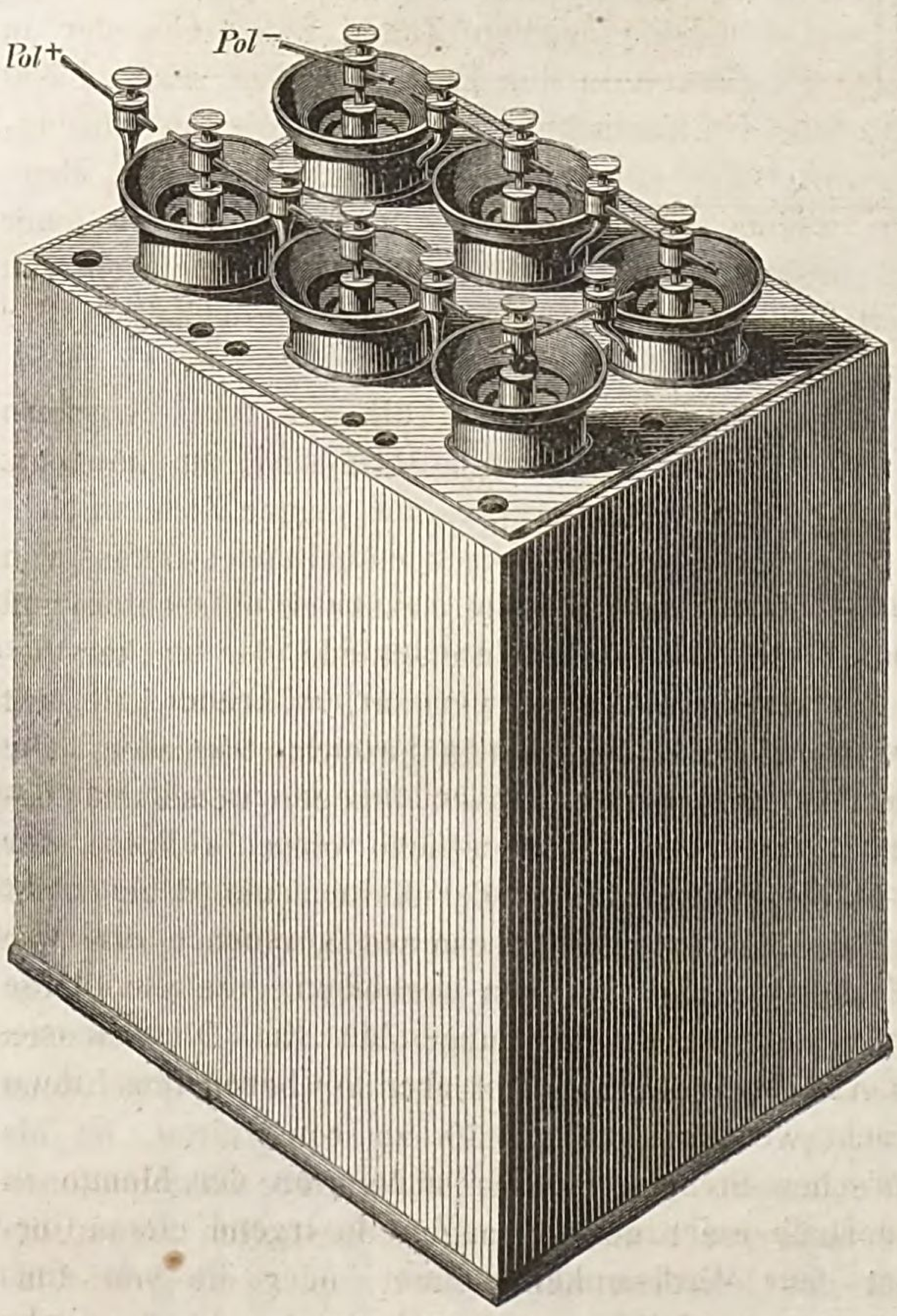


Fig. 151.

Da die meisten hier zur Sprache kommenden Combinationen in ähnlicher Weise eingerichtet sind, die hiebei vorkommenden Abweichungen aber ohnehin an der betreffenden Stelle jedesmal namhaft gemacht werden, so mag einstweilen das Vorstehende ausreichen, um einen erläuternden Aufschluss über

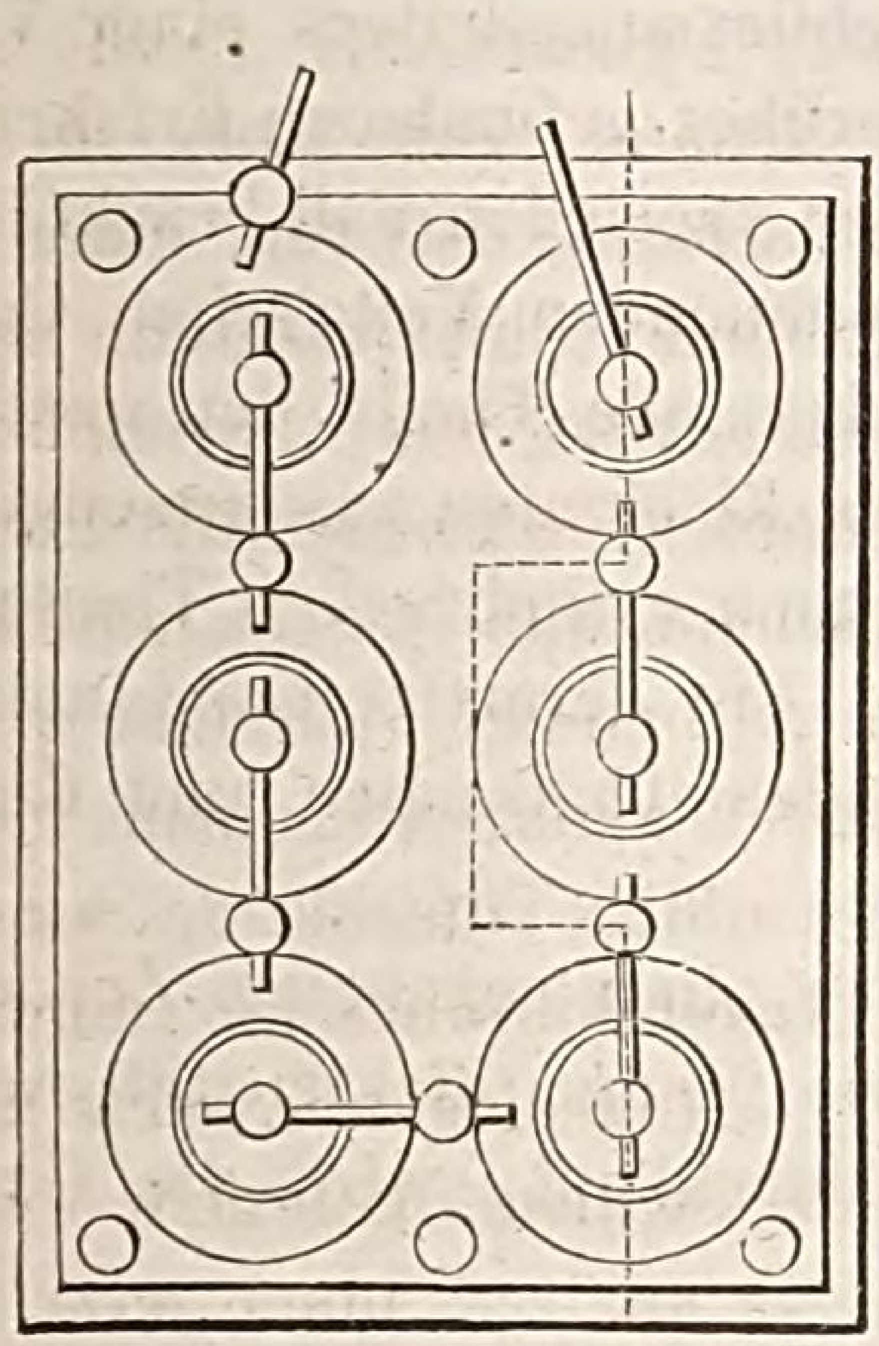


Fig. 152.

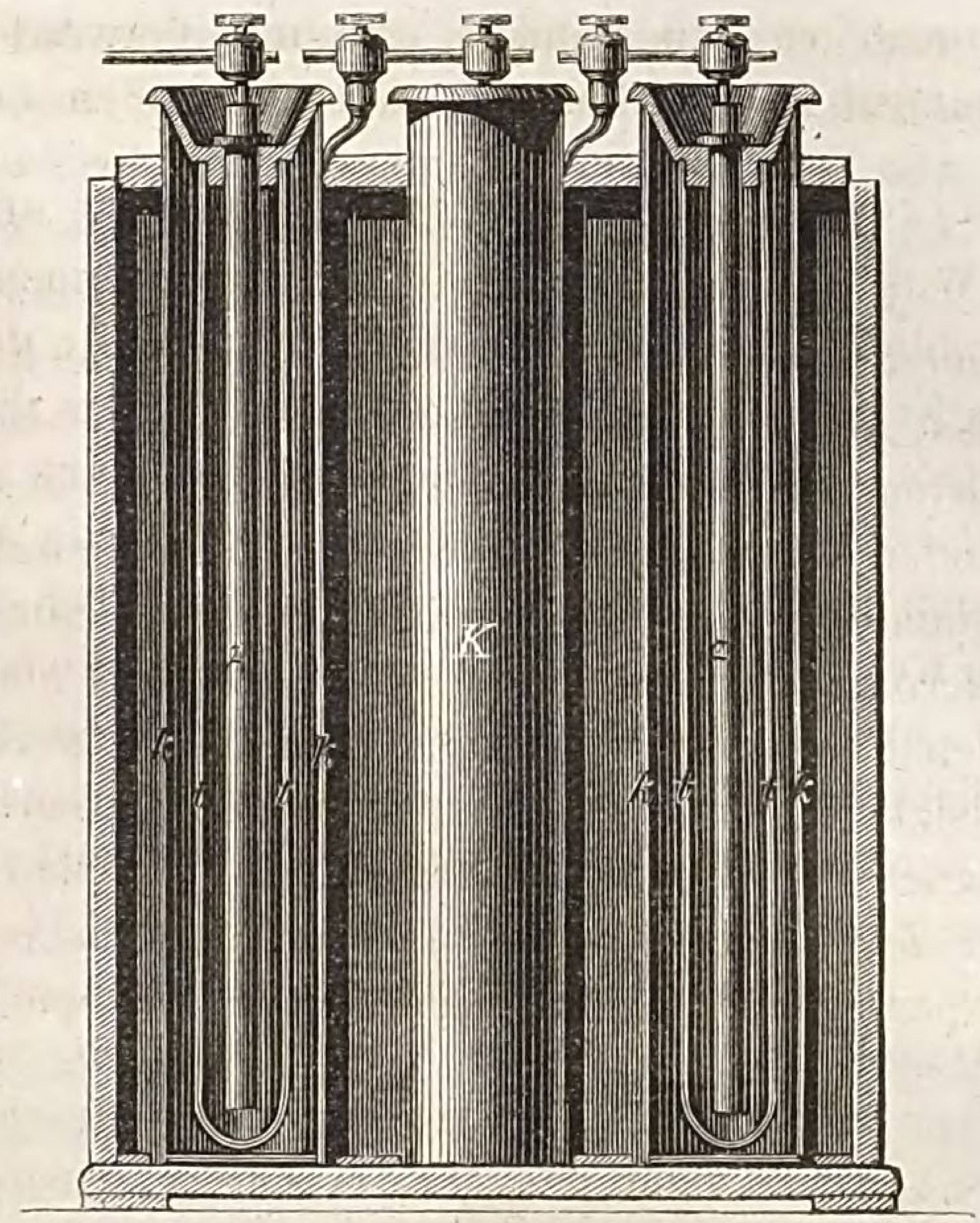
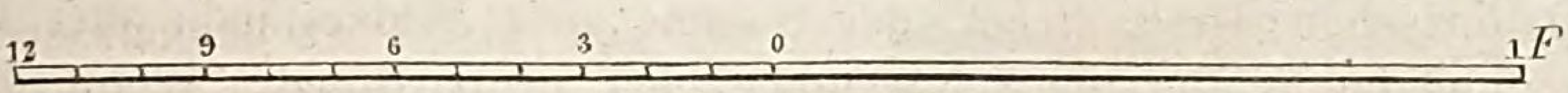


Fig. 153.



(*Zu Figg. 150—153.*)

den Bau Volta'scher Ketten zu geben, während Specielleres hierüber bei einer späteren Gelegenheit vorkommen wird.

§. 68. Allgemeines über die mittelst Volta'scher Ketten in Metalldrähten erzeugten Wärmewirkungen.

Die Wirkungen des Volta'schen Stromes sind im Allgemeinen von derselben Art, wie die des elektrischen Entladungsstromes (siehe S. 17); die dieselben begleitenden Vorgänge und Erscheinungen sind jedoch schon früher zu einer genaueren Kenntniss gekommen, als die des Entladungsstromes, was wohl daher rühren mag, dass der Volta'sche Strom durch eine beliebig lange Zeit erhalten, und so auch seine Wirkungen in dauernder Weise studirt werden können, während jede Einzelwirkung des Entladungsstromes nur von momentaner Dauer ist, und daher jede Erscheinung die Anstellung eines eigenen Versuches erfordert, abgesehen davon, dass Volta'sche Stromeswirkungen unabhängig von allen äusseren Umständen bewerkstelliget, während die Wirkungen des Entladungsstromes, wenigstens der Stärke ihres Auftretens nach, nicht frei von äusseren Einwirkungen zum Vorschein gebracht werden können.

Jede Wirkung des Volta'schen Stromes ist vor allem von der Menge der Elektricität abhängig, die innerhalb einer gegebenen Zeit in irgend einem Querschnitte des Schliessungsleiters zur Wirksamkeit kömmt, oder die von einem Elemente des Schliessungsleiters zum nächst angrenzenden übergeht; ausserdem

aber noch von Umständen, die mit der Art der Wirkung selbst im innigen Zusammenhange stehen.

Grundgesetze für die Stromstärke einer geschlossenen Volta'schen Kette.

Was nun die Grösse der Elektricitätsmenge betrifft, die in irgend einem Augenblicke durch irgend einen Querschnitt des Schliessungsleiters einer Volta'schen Kette geht, so ist es nothwendig, um die hierüber gefundenen Erfahrungsresultate vorführen zu können, dass wir uns auf den speciellen Fall beschränken, wie derselbe bei den meisten in der Praxis vorkommenden Volta'schen Combinationen gewählt wird. Wir nehmen nämlich an, dass alle Theile der geschlossenen Kette nur aus prismatischen oder cylindrischen Elementen zusammengesetzt seien, und dass jeder Querschnitt irgend eines solchen cylindrischen Theiles aus gleichartigen Molekülen bestehe, oder homogen sei. Für derartige Combinationen sind durch OHM's Untersuchungen [5] die nachstehenden Thatsachen und Gesetze festgestellt worden:

1. In einer jeden geschlossenen Kette gehen in einer gegebenen Zeit durch alle Querschnitte dieselben Elektricitätsmengen. Die Menge Elektricität, welche in einer gegebenen Zeit irgend einen Querschnitt durchläuft, wird die Grösse des Stromes oder die Stromstärke genannt.

2. Die Stromstärke ist in einer jeden geschlossenen Kette der elektrischen (elektromotorischen) Kraft direct, der Summe aller Widerstände aber innerhalb der Kette und im Schliessungsleiter umgekehrt proportional. Wenn daher die elektrische Kraft einer Kette mit E, die Summe aller Widerstände derselben mit R, und die Stromstärke mit S bezeichnet wird, so kann man setzen:

$$S = \frac{E}{R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{I)},$$

woraus also unmittelbar folgt:

3. Die Stromstärke in einer Kette bleibt ungeändert, wenn die elektrische Kraft und die Summe aller Widerstände der letzteren entweder gar nicht oder nach einerlei Verhältniss abgeändert werden, oder, was dasselbe heisst: „Für zwei Ketten mit gleicher Stromstärke verhalten sich die elektrischen Kräfte ebenso zu einander, wie sich ihre Gesammtwiderstände zu einander verhalten."

4. Die Stärke des Volta'schen Stromes bleibt dieselbe, wenn man einen Theil der Kette aus ihr entfernt und an dessen Stelle ein anderer prismatischer Leiter von demselben Widerstande gesetzt wird, nur muss die Kraft der Kette dabei unverändert bleiben. Umgekehrt, wenn der Strom einer Kette durch das Vertauschen eines Theiles derselben mit einem fremden prismatischen Leiter sich nicht ändert, und man überzeugt sein kann, dass die elektrische Kraft der Kette unverändert geblieben ist, so müssen die mit einander vertauschten Leiter bezüglich des Widerstandes, den sie dem Durchgange der Elektricität entgegensetzen, äquivalent sein.

Die letzten zwei der hier ausgesprochenen Gesetze bieten, wenn die Methoden bekannt geworden sind, um die Gleichheit der Stärke zweier Volta'scher Ströme genau prüfen zu können, ein bequemes Mittel dar, um die Grösse der Widerstände von Stromleitern mit einander vergleichen zu können. Wenn es nun gestattet

ist, die Begriffe von Leitungswiderstand und Leitungsvermögen für Volta'sche Ströme in ähnlicher Weise aufzufassen, wie diess früher (§. 17) für elektrische Entladungsströme geschehen ist, so sind wir im Stande, statt der Widerstände ihre wirklichen Maasse hier einzuführen. Durch geeignete Mittel ist man nämlich im Stande, durch das Experiment das Folgende festzustellen:

a. Zwei prismatische (oder cylindrische) Stromleiter von gleicher materieller Beschaffenheit und derselben Temperatur können in einer Volta'schen Kette, ohne die Stromstärke abzuändern, mit einander vertauscht werden, wenn sie von gleicher Länge sind und gleichen Querschnitt haben.

b. Haben zwei Stromleiter von gleicher materieller Beschaffenheit und bei derselben Temperatur gleiche Länge, so nimmt die Stromstärke in demselben Verhältniss zu, in welchem der Querschnitt des einen Leiters grösser ist, als der des anderen. Wenn also die Stromstärke in einem Leiter von bestimmter Länge, dessen Querschnitt der Flächeneinheit gleich ist, durch S ausgedrückt wird, so ist dieselbe durch Einschaltung eines Leiters von ganz derselben Art und Länge, dessen Querschnitt aber q ist, auf qS gekommen.

c. Wird ein prismatischer Stromleiter durch einen anderen von derselben materiellen Beschaffenheit bei gleicher Temperatur ersetzt, der denselben Querschnitt, wie jener hat, so nimmt die Stromstärke in demselben Verhältnisse ab, in welchem die Länge des letzteren Leiters zugenommen hat. Wenn daher die Länge dieses Leiters die lfache von der des ersteren ist, so ist die Stromstärke nunmehr $\frac{S}{l}$, wenn dieselbe vorher gleich S war. Ist also l ein unechter Bruch, so wird $\frac{S}{l} < S$, ist aber l ein echter Bruch, so wird $\frac{S}{l} > S$ sein.

Sollen daher zwei prismatische Stromleiter von verschiedener Länge und Dicke äquivalent sein, so müssen die Quotienten aus Längen und Querschnitten beziehungsweise genommen, einander gleich sein. Wenn also l_1, l_2 die Längen derselben, q_1 und q_2 beziehungsweise ihre Querschnitte bedeuten, so muss

$$\frac{l_1}{q_1} = \frac{l_2}{q_2}$$

sein.

d. Für zwei prismatische Stromleiter von ungleicher Natur und gleichen Querschnitten lässt sich immer ein Verhältniss der Längen derselben ausmitteln, bei welchen dieselben in einer geschlossenen Kette unter einander vertauscht werden dürfen, ohne dass hiedurch die Stromstärke eine Aenderung erleidet. Wenn wir hiebei einen prismatischen Leiter, dessen Länge der Linieneinheit, und dessen Querschnitt eine bestimmte Grösse hat, als Widerstandseinheit annehmen, und ausmitteln, wie lang ein Leiter von demselben Querschnitte und anderer materieller Beschaffenheit sein muss, damit derselbe der Einheit äquivalent ist, so können wir, wenn wir die in a bis c erläuterten Thatsachen hiebei zu Grunde legen, leicht die Länge in Widerstandseinheiten angeben, denen der zweite Leiter bezüglich der Aenderung der Stromstärke gleich kömmt.

Die Grösse, welche angibt, das wie viel Fache die Länge irgend eines prismatischen Leiters, der denselben Querschnitt, wie die Einheit hat, von

dieser sein muss, damit derselbe der letzteren äquivalent ist, nennt man seinen specifischen Leitungswiderstand. Bezeichnet man den letzteren mit λ, die Länge eines solchen prismatischen Leiters mit L, und zwar diese in Einheiten der Länge der Widerstandseinheit, seinen Querschnitt in Einheiten des Querschnitts der letzteren ausgedrückt mit Q, so ist die Anzahl der Widerstandseinheiten, die diesen neuen Leiter ersetzen können, ausgedrückt durch

$$W = \frac{\lambda L}{Q} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; \text{II}).$$

Diesen Ausdruck kann man den absoluten Leitungswiderstand oder die reducirte Länge des letzt erwähnten Leiters nennen, während man $\frac{1}{W} = \frac{Q}{\lambda L}$ sein absolutes und $\frac{1}{\lambda}$ sein specifisches Leitungsvermögen (bezogen auf das der angenommenen Einheit) nennen kann. Sind von den vier Grössen W, λ, L, und Q drei ermittelt worden, so lässt sich die vierte leicht berechnen.

Endlich folgt aus dem Bisherigen:

c. Sollen zwei Stromleiter verschiedener Natur, deren Längen, Querschnitte und specifische Leitungswiderstände beziehungsweise L_1 und L_2, Q_1 und Q_2, λ_1 und λ_2 seien, in einer geschlossenen Volta'schen Kette die Stromstärke unverändert erhalten, wenn man dieselben unter einander vertauscht, so muss

$$\frac{\lambda_1 L_1}{Q_1} = \frac{\lambda_2 L_2}{Q_2}$$

sein, oder

$$\lambda_1 : \lambda_2 = \frac{L_2}{Q_2} : \frac{\lambda_1}{\lambda_1},$$

d. h. die specifischen Leitungswiderstände zweier äquivalenten Stromleiter verhalten sich ebenso zu einander, wie sich ihre Querschnitte direct, und ihre Längen umgekehrt verhalten. Für zwei nicht äquivalente prismatische Stromleiter findet man nun leicht, dass sich die absoluten Leitungswiderstände gerade, wie die Producte aus den specifischen Leitungswiderständen und den Längen und umgekehrt, wie die Inhalte ihrer Querschnitte verhalten, so dass wir also unter Benutzung der vorigen Bezeichnungen haben:

$$W_1 : W_2 = \frac{\lambda_1 L_1}{Q_1} : \frac{\lambda_2 L_2}{Q_2}.$$

Die hier vorgeführten Ausdrücke können, wenn man die geeigneten Untersuchungsmethoden hiefür anwendet, dazu dienen, um λ_2 durch λ_1 auszudrücken, und überhaupt manche Fragen zu beantworten, die bei Anwendung Volta'scher Stromquellen gestellt werden können.

Ohne nun den vorliegenden Gegenstand einer weiteren Besprechung zu unterwerfen, so will ich hier bloss bemerken, dass die vorgeführten Grundlagen nicht bloss für unsere gegenwärtigen, sondern bei vielen der in späteren Abschnitten vorkommenden Betrachtungen von grosser Wichtigkeit sind, und dass wir zur Anwendung derselben oftmals Gelegenheit haben werden.

Es wird unten gezeigt werden, wie man die Leitungswiderstände fester Körper, für welche schon oben mehrfache Andeutungen gemacht worden sind (S. 38, 201), aufsuchen und in bestimmten Maassen ausdrücken kann, und dass derartige Feststellungen für flüssige Körper mit grossen Schwierigkeiten verbunden sind. Wenn es gestattet ist, auch auf wasserförmige Körper von prismatischer Form dieselben Betrachtungen, wie sie oben gemacht wurden, anzuwenden, so kann man den oben (S. 376) für die Stromstärke einer geschlossenen Volta'schen Kette aufgestellten Ausdruck auf eine andere Form bringen. Ist nämlich w die reducirte Länge des Schliessungsleiters, z die der Flüssigkeit in der Kette, so hat man

$$S = \frac{E}{w + z} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{III)}.$$

Ist eine Kette aus mehreren einfachen zusammengesetzt, von welchen die elektrischen Kräfte $E_1, E_2, \ldots E_n$, und deren reducirte Längen $z_1, z_2, z_3 \ldots z_n$ sind, so hat man

$$S = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \ldots E_n}{w + z_1 + z_2 + z_3 + \ldots z_n}$$

für die Stromstärke dieser zusammengesetzten Kette. Wenn hiebei aber die sämmtlichen einzelnen Ketten unter sich von vollkommen gleicher Anordnung sind, so erhält man

$$S = \frac{nE}{w + nz} = \frac{E}{\frac{w}{n} + z} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{IV)}.$$

Würde man aber m einfache Ketten unter sich zu einer einzigen mfachen vereinigen, und aus n Ketten der letzteren Art eine zusammengesetzte bilden, so hätte man für die Stromstärke dieser neuen Kette:

$$S = \frac{nE}{w + \frac{nz}{m}} = \frac{mnE}{mw + nz} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{V)}.$$

Gesetze, nach denen die Erwärmung von Metalldrähten durch Einwirkung des Volta'schen Stromes erfolgt.

Was nun die durch Volta'sche Ströme erzeugten Wärmewirkungen in metallenen Leitern betrifft, so sind die Gesetze hierüber noch nicht in der Art festgelegt, um mit voller Sicherheit über alle dabei stattfindenden Vorgänge Aufschluss geben zu können. Es ist wohl eine grosse Zahl qualitativer Versuche vorhanden, aus welchen man mit Recht geschlossen hat [6], dass die in Drähten aus einem und demselben Metalle erzeugten Glühwirkungen mit der Grösse der Oberfläche der festen Erreger zunehmen, und bei Drähten aus verschiedenen Substanzen in demjenigen Drahte um so stärker auftreten, der den grösseren Leitungswiderstand hat, allein eine bestimmte Beziehung zwischen den Glüherscheinungen und allen bei der Zusammensetzung der Kette benutzten Elementen ist nicht hergestellt worden. Erst in neuerer Zeit wurde die Lösung dieser

Aufgabe auf experimentellem Wege wieder unternommen, und dieselbe in einem bedeutenden Grade aufgehellt. Diese von Lenz vorgenommene Untersuchung [7] wollen wir nun im Nachstehenden folgen lassen, während wir hier sowohl, als auch bei späteren in diesem Abschnitte vorkommenden Besprechungen die Methoden, um Stromesmessungen mittelst magnetischer Rheometer vorzunehmen, einstweilen als bekannt voraussetzen, hingegen die Einzelheiten hierüber an den Stellen unserer Schrift zur Sprache bringen, wo von solchen Mitteln eine ausgedehntere Anwendung, wie in dem vorliegenden Abschnitte, gemacht werden muss.

Das von Lenz angewendete Verfahren bestand in Folgendem:

Eine mit eingeriebenem Glasstöpsel versehene Glasflasche wurde umgekehrt, auf ihrem Stöpsel luft- und wasserdicht aufsitzend, auf ein Brett befestiget. An ihrem oberen Ende (im Boden derselben) war in dieser Lage der Flasche eine Oeffnung zur Aufnahme eines Thermometers angebracht, welches letztere leicht nach Bedürfniss in die Flasche versetzt werden konnte. Durch den Glasstöpsel, auf dem die Flasche sich befand, waren zwei Platindrähte hineingebohrt und festgekittet, welche in Form zweier Kegel in die Flasche hineinragten; auf diese konnten zwei Platinklötzchen aufgesteckt, und mittelst dieser jeder der zu untersuchenden Drähte mit jenen metallisch verbunden werden. Die zu erwärmenden Drähte wurden zuerst um einen cylindrischen, 1 bis 2 Linien dicken Stift zu einer Spirale gewunden, und in genannter Weise in der Flasche zwischen den Platinkegeln angebracht. Die unteren Enden der letzteren waren durch daran gelöthete Kupferdrähte verlängert, die zur Vereinigung mit der Volta'schen Batterie bestimmt waren. Die vom Strome der letzteren in der Drahtspirale hervorgebrachte Erwärmung wurde an dem Thermometer, das in die zu erwärmende Flüssigkeit tauchte, und welch letztere den Draht enthielt, beobachtet. Die Flüssigkeit war Spiritus von circa 85 bis 86 Procent Alkohol, und nur in einem einzigen Falle war Wasser anwendbar. Nachdem die Drahtspirale eingesetzt, und die Flasche gefüllt war, wurde der Apparat zugleich mit dem Rheometer (einer Nervander'schen Tangentenboussole mit Multiplicator), einem Jacobi'schen Agometer (Widerstandsmesser) und der aus 24 Paaren zusammengesetzten Daniell'schen Batterie verbunden. Der Strom wurde nun mittelst des angewendeten Rheostaten bei einer bestimmten Stärke erhalten, das Steigen des Thermometers unter beständigem Bewegen der Flüssigkeit beobachtet, und sodann bei einer bestimmten Erwärmungsgrenze wurde der Strom unterbrochen. Unter Ausschaltung der Erwärmungsapparate wurde nun die Kette wieder geschlossen, der Strom mittelst des Rheostaten auf seine vorige Grösse wieder gebracht, und diese Messungen wurden nun mehrmals wiederholt. Auf diese Weise konnte man den Widerstand des Erwärmungsapparates, und aus den während bestimmter Beobachtungszeiten abgelesenen Temperaturerhöhungen der Flüssigkeit die Erwärmung ermitteln.

In Beziehung auf den Einfluss der Temperatur des umgebenden Mittels auf die Erwärmung der Flüssigkeit durch die Drahtspirale wurden die nachstehenden Betrachtungen vorgenommen. Es sei eine Flüssigkeitsmasse Q gegeben, ihre specifische Wärme sei s, und eine in ihr befindliche constante Wärmequelle theile in der Zeiteinheit der Quantitätseinheit von der specifischen Wärme 1 eine Erwärmung

w mit, so ist die in dem Flüssigkeitsquantum erzeugte Wärme durch $\frac{w}{Qs} = k$ ausgedrückt. Ist die Temperatur des umgebenden Mittels U, und gibt dieses in der Zeiteinheit so viel Wärme ab, dass wenn der Temperaturunterschied 1^0 bliebe, der Wärmegewinn so gross wäre, dass ein ebenso grosses Quantum Q dadurch um m^0 erwärmt würde, so fragt es sich nun, wenn die Anfangstemperatur von Q gleich u_0 war, und $u_0 < U$, wie gross die Temperatur u nach der Zeit t sein werde? Ist die Temperaturzunahme für das unendlich kleine Zeitintervall dt gleich du, so wird, da die Wärmequelle die Erwärmung kdt, das umgebende Mittel die von der Grösse $m(U-u)\,dt$ zuführt:

$$du = kdt + m(U-u)\,dt,$$

woraus sich durch Integration ergibt:

$$t = \frac{1}{m}\,\text{log. nat.}\,\frac{k + m(U-u_0)}{k + m(U-u)}.$$

Soll nun der Einfluss des umgebenden Mittels eliminirt werden können, so muss für die Zeit t eine Erwärmung kt stattfinden, also

$$u - u_0 = kt \text{ und } t = \frac{u-u_0}{k}$$

sein, folglich

$$\frac{u-u_0}{k} = \frac{1}{m}\,\text{log. nat.}\,\frac{k + m(U-u_0)}{k + m(U-u)}$$

und wenn hierin

$$\frac{m}{n} = n$$

gesetzt wird

$$e^{n(u-u_0)} = \frac{1 + n(U-u_0)}{1 + n(U-u)}$$

worin e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeutet.

Verwandelt man jedes Glied der vorstehenden Gleichung in eine Reihe, und berücksichtiget, dass die Erwärmung der Flüssigkeit durch die constante Wärmequelle viel rascher, als durch das umgebende Mittel geschieht, also n so klein ist, dass alle Glieder dieser Reihen, die eine höhere Potenz von n als die zweite enthalten, vernachlässiget werden dürfen, so hat man

$$U - u_0 = u - U,$$

„d. h. die anfängliche Temperatur des sich erwärmenden Flüssigkeitsquantums Q muss ebenso viel unter der Temperatur des umgebenden Mittels stehen, als die Endtemperatur über ihr steht". Dann gewinnt die Masse Q von dem umgebenden Mittel ebenso viel, als sie nachher, wenn ihre Temperatur höher ist, wieder verliert, oder die Temperatur des umgebenden Mittels ist ohne Einfluss. Jedoch dürfen hiebei die Temperaturen nicht viel über oder unter der des umgebenden Mittels sein. Dass die Combination der Versuche von der hier verlangten Art war, geht aus den Beobachtungsresultaten hervor, die für jede Versuchsreihe erhalten wurden. Bei einem aus diesen hervorgehobenen Beispiele war die Temperatur der Luft $16^0{,}0$ R., der Spiritus wurde zuerst durch Eiswasser auf 7^0 gebracht, hierauf die Versuche vorgenommen, und bei den verschiedenen Thermometerangaben 10^0 bis 15^0, dann 17^0 bis 22^0 jedesmal die Erwärmungszeit beobachtet. Für sechs Zeitintervalle wurden nun die nachstehenden Zahlen gefunden:

für	12°	war die Zeit der Erwärmung	6,53 Minuten
,,	10	,, ,, ,, ,, ,,	5,42 ,,
,,	8	,, ,, ,, ,, ,,	4,30 ,,
,,	6	,, ,, ,, ,, ,,	3,25 ,,
,,	4	,, ,, ,, ,, ,,	2,22 ,,
,,	2	,, ,, ,, ,, ,,	1,05 ,,

Indem nun die Zeit, welche zur Erwärmung um 1° verwendet wurde, gleich τ gesetzt wurde, erhielt man die sechs Gleichungen

$$12\,\tau = 6{,}53$$
$$10\,\tau = 5{,}42$$
$$\vdots$$
$$2\,\tau = 1{,}05$$

Unter Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate wurde hieraus $\tau = 0{,}5419$ gefunden. Durch Vergleichung der unmittelbar beobachteten mit den berechneten Erwärmungszeiten ergab sich also die folgende Reihe:

Erwärmungszeiten beob.	berech.	Differenz.
6,50	6,53	+ 0,03
5,42	5,42	+ 0,00
4,30	4,33	— 0,03
3,25	3,25	— 0,00
2,22	2,17	+ 0,05
1,05	1,08	— 0,03

Die vorstehenden Reihen wurden unter Anwendung einer Kupferspirale erhalten, für welche bei den stattgehabten Erwärmungen die Angaben des Multiplicators stets auf 35° erhalten wurden, und wobei $\tau = 0{,}5419$, der Leitungswiderstand $\lambda = 5{,}406$, die Stromstärke = 40,12 nach den von Lenz benutzten Einheiten, $Q = 90{,}174$ Gramm und der Procentgehalt des Spiritus Sp. = 85,1 war. — Die bei den Versuchen angewandten Drähte waren von Kupfer, Eisen, Platin, Neusilber, letzteres von drei verschiedenen Durchmessern, die mit I, II und III bezeichnet wurden; ferner waren bis auf die beiden letzteren Gattungen die sämmtlichen Drähte durch dasselbe Loch gezogen, hatten also gleiche Durchmesser, während Neusilber II und III dickere, wie jene waren. Die sämmtlichen von Lenz zusammengestellten Versuchsreihen zeigen nun dieselbe Uebereinstimmung, wie die vorher angegebene, und dürfen daher zur Untersuchung der fraglichen Gesetze benutzt werden.

Stellt man nun die Mittel aus Erwärmungsdauer und Leitungswiderständen bei gleicher Stromstärke zusammen, so findet man die nachstehenden Resultate:

	Drahtsorte.	τ.	λ.	$\tau\lambda$.
1. Für den Strom 15,35.	Neusilber I	0,5711	35,20	20,10
	Neusilber II	0,9189	22,09	19,84
2. Für den Strom 20,85.	Neusilber I	0,3002	35,32	10,60
	Neusilber II	0,4813	22,05	10,61
	Platin	0,5546	18,97	10,52
3. Für den Strom 26,71.	Neusilber II	0,2883	22,18	6,394
	Neusilber III	0,3836	16,76	6,429
	Platin	0,3248	19,24	6,249
	Kupfer	1,3010	5,22	6,791
4. Für den Strom 33,08.	Eisen	0,4353	9,37	4,079
	Kupfer	0,8354	5,22	4,361

Hieraus ergibt sich also, dass für einen und denselben Strom das Product $\tau\lambda$ nahezu constant ist, so dass man zur Aufstellung des Gesetzes berechtiget ist: „Die zur Temperaturerhöhung um 1° R. nöthige Zeit ist um so geringer, je grösser der Leitungswiderstand des zu erhitzenden Stromleiters ist,“ oder mit anderen Worten: „die Erwärmungen des letzteren während einer bestimmten Zeit nehmen in demselben Verhältniss zu und ab, in welchem der Leitungswiderstand grösser oder kleiner wird.“

Um die Abhängigkeit der Wärmeerzeugung von der Stromstärke zu ermitteln, wurden die Versuche so gruppirt, dass die an demselben Drahte stattgehabten Erwärmungen bei Anwendung verschiedener Ströme mit einander in Beziehung gebracht werden konnten. Hiebei zeigte sich sogleich, dass, wie es auch sein muss (s. S. 375), die Erwärmung mit der Stromstärke zu- und abnimmt, allein jene Veränderungen entsprachen einem höheren Verhältnissgrade der Stromstärken, als dem ersten. Es wurde daher untersucht, ob vielleicht die Annahme gerechtfertiget werde, dass die Erwärmungszeiten den Quadraten der Stromstärke umgekehrt proportional gesetzt werden dürfen, oder allgemeiner, ob in den Versuchsresultaten, welche die Erwärmungsdauer ein und desselben Drahtes enthalten, das Product $F^2 \tau$ constant sei, worin F die Stromstärke bedeutet. Jene Gruppirung ergab nämlich die folgenden Resultate:

Drahtsorte.	Stromstärke oder F.	τ.	$F^2 \tau$.
Neusilber I	10,10	1,3495	137,7
„	15,35	0,5711	134,5
„	20,85	0,3002	130,5
Neusilber II	15,35	0,9189	216,5
„	20,85	0,4813	209,1
„	26,71	0,2883	205,7
Platin	20,85	0,5546	241,1
„	26,71	0,3246	231,7
Kupfer	26,71	1,3010	928,2
„	33,08	0,8354	914,2
„	40,12	0,5750	925,5
„	48,07	0,3810	880,4
Neusilberdraht (im Wasser)	20,85	4,8901	2126,0
„	33,08	1,8800	2057,0
„	40,12	1,2730	2049,0
„	48,07	0,8640	2038,0
„	57,29	0,6314	2072,0

Diese Versuchsresultate, welche also zeigen, dass das Product $F^2 \tau$ für jede Drahtsorte nahezu constant bleibt, lassen sohin mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthen, „dass die Wärmeentwickelung in Drähten den Quadraten der Stromstärke proportional sei“.

Zur weiteren Prüfung dieses Gesetzes wurde dasselbe nunmehr angewendet, um aus den angestellten Versuchen die Zeit zu berechnen, die bei der Stromgrösse = 1 und dem Widerstande = 1 erforderlich ist, um eine Spiritusmasse von 118 Gramm auf 1° R. zu erwärmen. Jene Zeit sei Θ, so muss

$$\tau = \frac{\Theta}{F^2 \tau}$$

sein. Die Grösse Θ wurde unter Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate aus 16 genauen Beobachtungen, welche für τ und $\frac{1}{F^2 \tau}$ benutzt werden konnten, berechnet, und hierauf wurden die aus obiger Formel für τ ermittelten Werthe mit den unmittelbar beobachteten verglichen. Bedeutet P die auf die Spiritusmasse

reducirte Wärmecapacität der Glasmasse, so ist $P + Q$ die ganze zu erwärmende Spiritusmasse, und diese neuen Gruppirungen ergeben also Folgendes:

$F.$	$\lambda.$	$\tau.$	$P + Q.$	τ reducirt auf $P + Q = 118.$	τ berechnet.	Differenz.
10,10	35,15	1,3459	118,0	1,3500	1,3240	+ 0,0260
15,35	22,09	0,9189	118,3	0,9166	0,9122	+ 0,0044
15,35	35,20	0,5711	118,0	0,5711	0,5727	— 0,0016
15,35	36,67	0,5272	117,7	0,5286	0,5496	— 0,0210
20,85	18,97	0,5546	117,9	0,5556	0,5755	— 0,0199
20,85	22,05	0,4813	118,2	0,4805	0,4951	— 0,0146
20,85	22,62	0,4571	117,9	0,4575	0,4828	— 0,0253
20,85	35,32	0,3002	118,1	0,2999	0,3091	— 0,0092
26,71	22,18	0,2883	118,2	0,2878	0,2999	— 0,0121
26,71	5,22	0,3010	118,2	0,2990	0,2740	+ 0,0250
26,71	19,24	0,3248	118,4	0,3237	0,3458	— 0,0221
26,71	16,76	0,3836	118,0	0,3836	0,3970	— 0,0134
33,08	5,22	0,8354	117,9	0,8362	0,8314	+ 0,0048
33,08	9,37	0,4353	117,5	0,4372	0,4633	— 0,0261
40,12	5,23	0,5750	117,7	0,5765	0,5639	+ 0,0126
40,12	5,38	0,5436	118,3	0,5423	0,5484	— 0,0061

(Anmerk. Die Grösse Θ ergab sich hiebei $= 4748{,}3$ Secunden, und wenn man die Wärmecapacität des benutzten Spiritus zu 0,7 annehmen kann, so würde für 1 Grm. Wasser bei dem Strom $= 1$ etc. $Q = 575$ Sec. sich herausstellen.)

Die nicht bedeutenden Differenzen in der vorstehenden Tabelle, so wie die Regellosigkeit der Zeichen derselben lassen daher die Behauptung aufstellen:

1. „Die Erwärmung eines Drahtes durch den Volta'schen Strom ist dem Leitungswiderstande des Drahtes proportional.“
2. „Die Erwärmung eines Drahtes durch den Volta'schen Strom ist dem Quadrate der angewandten Stromstärke proportional.“

Ist also die beim Widerstande gleich 1 und dem Strom 1 in einem Draht in der Zeiteinheit erzeugte Wärme durch w ausgedrückt, so ist, wenn der Widerstand des Drahtes R ist, die in der Zeiteinheit durch einen Strom S erzeugte Wärme:

$$W = w S^2 R \qquad \text{VI.}$$

Die hier gefundenen Gesetze stimmen im Allgemeinen mit den mittelst des elektrischen Entladungsstromes durch das Experiment festgelegten Ausdrücken überein (s. S. 36), und wir sind daher berechtiget, unter gehöriger Beachtung aller stattfindenden Umstände überall, wo es nöthig ist, von diesem wichtigen Resultate Anwendung zu machen, wie diess auch schon bei einer früheren Gelegenheit geschehen ist (S. 85). —

An diese Untersuchung reihen sich nun verschiedene Aufgaben, welche unter Anwendung des Ausdruckes (VI) gelöst werden können, und von denen wir hier einige vorführen wollen.

1. Es ist ein bestimmtes Volumen v eines Metalles gegeben, und eine bestimmte Zinkoberfläche s mit der entsprechenden Kupfer- (Platin- oder Kohlen- etc.) Fläche zur Construction einer Volta'schen Kette, man soll untersuchen, welche Anordnung zu treffen ist, damit in dem gegebenen Metallvolumen die grösstmöglichste Wärmemenge entwickelt werde.

Ist der Widerstand der Einheit der Zink- (resp. Kupfer-) Fläche durch λ, der Drahtdurchmesser mit z und sein Widerstand bei dem Durchmesser gleich 1

und der Länge l mit L bezeichnet, so hat man, wenn die Batterie aus x einfachen Ketten zusammengesetzt wird, und die elektrische Kraft eines Paares k ist, für die Länge des aus v gezogenen Drahtes: $\frac{4v}{\pi z^2}$, also seinen Widerstand in der Kette $\frac{4Lv}{\pi z^4}$; ferner ist die Oberfläche eines Zinkelementes $\frac{s}{x}$ und die reducirte Länge der Kette $= \frac{\lambda x^2}{s}$. Man hat daher (Gleichung IV):

$$S = \frac{kx}{\frac{\lambda x^2}{s} + \frac{4Lv}{\pi z^4}} = \frac{\pi s k x z^4}{\pi \lambda x^2 z^4 + 4Lvs}.$$

Man hat sohin (Gleichung VI) weiter:

$$W' = \frac{W}{w} = S^2 \cdot \frac{4Lv}{\pi z^4} = c\frac{x^2 z^4}{(a x^2 z^4 + b)^2},$$

wenn $4Lv\pi s^2 k^2 = c$, $\pi\lambda = a$ und $4Lvs = b$ gesetzt wird.
Der vorstehende für W′ angegebene Ausdruck wird ein Grösstes bei

$$\frac{dW'}{dx} = 0, \text{ und } \frac{dW'}{dz} = 0,$$

folglich bei

$$ax^2 z^4 - b = 0,$$

woraus also folgt, dass, weil

$$z^4 = \frac{b}{ax^2}$$

wird, das Maximum auf unendlich verschiedene Weise erlangt werden könnte, wenn nur bei einer angenommenen Zahl von Elementen der Durchmesser des Drahtes, oder umgekehrt bei gegebenem Durchmesser des Schliessungsleiters die Zahl der Elemente aus dieser Gleichung entnommen wird.

Die grösste dabei erzielte Wärmemenge wird

$$W' = \frac{1}{4}\frac{c}{ab} = \frac{1}{4}\frac{wsk^2}{\lambda},$$

d. h. unter Voraussetzung der vortheilhaftesten Construction der Kette ist die erzeugte (grösste) Wärmemenge der Oberfläche des Zinkes (überhaupt der Oberfläche der Kette) sowohl, als auch dem Quadrate der elektrischen Kraft direct, dem Widerstand der einfachen Kette umgekehrt proportional, ist aber von v und L, d. h. von dem Volum und der Natur des zu erwärmenden Metalles unabhängig. Hieraus folgt also der Schluss: „Wenn man die vortheilhafteste Anordnung der Kette anwendet, so wird aus jedem beliebigen Volum irgend eines Metalles bei derselben Zinkoberfläche dieselbe Wärmemenge entwickelt". — Das, was für unsere Zwecke übrigens am wichtigsten erscheint, enthält der Ausdruck $ax^2z^4 - b = 0$ oder

$$\pi\lambda x^2 z^4 - 4Lvs = 0.$$

Es wird nämlich damit ausgesagt, dass wenn $\frac{\lambda x^2}{s} = \frac{4Lv}{\pi z^4}$ ist, das Maximum der Wirkung erhalten wird, oder mit Worten: „es muss bei der vortheilhaftesten Anordnung der Widerstand in der Kette gleich dem im Schliessungsleiter sein", und dieses Gesetz hat, wie wir später sehen werden, für alle Volta'schen Wirkungen

volle Geltung. Im vorliegenden Falle handelt es sich also darum, bei einer vortheilhaft eingerichteten Batterie den Widerstand in demjenigen Theil des Schliessungsleiters, der zum Glühen kommen soll, so gross zu machen, hingegen den im übrigen Theil des Leitungssystems so gering anzuordnen, dass die beabsichtigte Wirkung in jenem zum Vorschein kommen muss.

2.* Wenn man eine Kette von n Paaren braucht, um einen Draht von bestimmtem Durchmesser und der Länge l zum Glühen zu bringen, wie viel Paare derselben Grösse braucht man dann für einen Draht von demselben Durchmesser, aber von der Länge pl?

Ist der Widerstand eines Paares $= L$, seine elektrische Kraft $= k$, der Widerstand der Längeneinheit des Drahtes gleich 1, so ist (Gleichung IV):

$$S = \frac{kn}{nL + l},$$

folglich (Gleichung VI):

$$W = w \frac{k^2 n^2}{(nL + l)^2} l.$$

Für die aus x Elementen zusammengesetzte mit dem Widerstande des Schliessungsleiters $= pl$, wird ebenfalls

$$W = w \frac{k^2 x^2}{(Lx + pl)^2} pl.$$

Bei der sonst vortheilhaftesten Anordnung beider Ketten, die hier vorausgesetzt wird, ist

$$nL = l$$

und

$$xL = pl$$

folglich

$$x = pn,$$

d. h. „es müssen so viel Mal mehr einfache Ketten zur Zusammensetzung der Batterie gewählt werden, als die wie vielfache Länge des Drahtes glühend gemacht werden soll".

§. 69. Unmittelbare Untersuchungen über das Glühen von Drähten durch Einwirkung eines Volta'schen Stromes.

Die zuletzt vorgeführten Untersuchungen beziehen sich eigentlich bloss auf das Erwärmen von Metalldrähten durch den Volta'schen Strom, und selbst hiefür gelten sie nur innerhalb der Grenzen, die von Lenz selbst, wie oben erwähnt, in der Einleitung zu dieser Reihe seiner Untersuchungen, angegeben wurden. Uebrigens unterliegt es keinem Zweifel, dass, wie auch von anderen Physikern bereits nachgewiesen worden ist, jene Gesetze für die sogenannte galvanische Erwärmung in Drähten so lange ihre volle Geltung haben dürfen, als während der Erwärmung wahrnehmbare molekulare Aenderungen (die durch die Ausdehnung erfolgten sind natürlich ausgenommen), die einer Aenderung seines Aggregationszustandes schon nahe kommen, noch nicht eingetreten sind. Ob aber die Gesetze vollständigen Aufschluss über das Volta'sche Glühen geben, darüber eine Behauptung zu machen, sind wir eigentlich nicht berechtiget.

Eigentliche Versuche über das Glühen von Drähten durch den Volta'schen Strom, die die bisher erwähnten Gesetze zu erweitern oder vervollständigen

geeignet wären, sind meines Wissens bis jetzt keine vorhanden. Die einzigen Versuche hierüber, welche mir bekannt geworden sind, hat Müller in seinen Berichten über die neuesten Fortschritte der Physik (S. 384) im Jahre 1851 veröffentlichet. Die Art und Weise, wie Müller seine Versuche anstellte, war beiläufig folgende: Ein Drahthalter, aus zwei Messingsäulchen bestehend, die in ein Brett gesteckt waren, bestehend, und die mit Hülsenpaaren versehen, einerseits das Einklemmen des Glühdrahtes, andererseits eine bequeme Verbindung mit den übrigen Apparaten zuliessen, wurde in eine Kette eingeschaltet, welche die Volta'sche Batterie, dann eine Tangentenboussole enthielt, und ausserdem eine ganz einfache Vorrichtung, um den Strom herzustellen und zu unterbrechen. Seine Versuche stellte Müller mit Platin-, Eisen-, Kupfer- und Silber-Drähten von verschiedener Dicke und Länge unter Benutzung von Kohlenzinkbatterien von verschiedener Anzahl Elemente (nämlich 40-, 24- und 12paarigen Säulen) an, indem man bei geschlossener Kette die an den einzelnen eingeschalteten Drähten eingetretenen Glüherscheinungen unmittelbar beobachtete und abschätzte. Ausser den Glühdrähten waren nur noch Verbindungsdrähte aus Kupfer von ungefähr $^3/_4$ Linien Dicke und höchstens 5 Metern Länge angewendet. Die Glühphänomene, welche man unterscheiden konnte, waren: „schwaches Glühen an einzelnen Stellen, schwaches Glühen der ganzen Länge des Drahtes nach, Rothglühen, Hellrothglühen und Weissglühen“. Die drei ersten Versuchsreihen wurden mit Platindraht von 0,45 Millimeter angestellt, und enthalten unter den verschiedenen Umständen, unter welchen die Experimente angestellt wurden, für jede Glüherscheinung einen Versuch.

a. Schwaches Glühen an einzelnen Stellen trat ein:
Unter Anwendung einer 40paar. Kette an einem 1,3 Meter langen Draht bei 46° Ablenk. der Boussole.
„ „ „ 24 „ „ „ „ 0,5 „ „ „ „ 45° „ „ „
„ „ „ 12 „ „ „ „ 0,3 „ „ „ „ 46° „ „ „
Mittel: 45°,7

b. Schwaches Glühen der ganzen Länge nach:
Unter Anwendung einer 40paar. Kette an einem 1,1 Meter langen Draht bei 47° „ „ „
„ „ „ 12 „ „ „ „ 0,3 „ „ „ „ 47° „ „ „

c. Rothglühen: An drei verschieden langen Drähten und mit verschiedenen Batterien „ 48° „ „ „

d. Hellrothglühen:
Unter Anwendung einer 40paar. Kette an einem 0,8 Meter langen Draht bei 50° „ „ „
„ „ „ 24 „ „ „ „ 0,1 „ „ „ „ 51° „ „ „
„ „ „ 12 „ „ „ „ 0,1 „ „ „ „ 50° „ „ „
Mittel: 50°,3

Aus diesen Versuchen wird der Schluss gezogen: „dass ein und derselbe Draht dieselbe Glüherscheinung bei derselben Stromstärke zeigt, welche Länge er auch haben mag“.

(Die mit Eisendrähten angestellten Versuchsreihen mit sechs Angaben zeigen, dass unter den bei den Versuchen stattgehabten Umständen das stellenweise Glühen zwischen 32° und 33°, das Rothglühen bei 34°, das starke und Hellrothglühen bei 35° Ablenkung eintrat.)

Um die Beziehung zwischen Stromstärke und Durchmesser des Drahtes bei jedem Glühgrade festzustellen, werden Versuche mit Platindrähten von

0mm,3, 0mm,39, 0mm,45 und 0mm,75, dann solche mit Eisendrähten von 0mm,2, 0mm,255, 0mm,38 und 0mm,75, für Kupfer von 0mm,2 und 0mm,255 und für Silber von denselben Durchmessern zusammengestellt, und um das Verhältniss von Stromstärke und Durchmesser sichtbar zu machen, der Quotient aus diesen Grössen für jeden Versuch angegeben. Die Hauptwerthe haben wir im Folgenden zusammengestellt; es ist dabei $\left(\frac{s}{D}\right)$ das Verhältniss aus Stromstärke und Drahtdurchmesser, wie dasselbe aus den Versuchen abgeleitet wurde:

Drahtdicke. mm	Glühgrad.	$\frac{s}{D}$	Abweichung vom zugehörigen Mittel.
	Platin.		
0,3	Schwaches Glühen.	163,9	— 0,8
0,39	„ „	163,7	— 1,0
0,45	„ „	166,6	+ 1,9
0,3	Rothglühen.	169,4	— 2,8 (!)
0,39	„	185,5	+ 13,3
0,45	„	172,2	0
0,75	„	161,7	— 10,5 (!)
0,3	Helles Rothglühen.	182,2	— 12,4 (!)
0,39	„ „	199,5	+ 4,9
0,45	„ „	187,6	— 7,0 (!)
0,75	„ „	209,3	+ 14,7 (!)
0,3	Sehr helles Roth-, fast Weissglühen.	210,0	— 10,0 (!)
0,45	„ „ „ „ „	230,0	+ 10,0
	Eisen.		
0,2	Schwachglühen.	120,4	— 1,1
0,255	„	122,1	+ 0,6
0,38	„	124,1	+ 2,6
0,75	„	119,4	— 2,1
0,2	Rothglühen.	127,0	— 6,1
0,255	„	127,9	— 5,2
0,38	„	146,1	+ 13,0
0,75	„	131,3	— 1,8

Aus den vorstehenden Resultaten schliesst der Verfasser: „dass, um denselben Grad des Glühens hervorzubringen, die Stromstärke dem Durchmesser der Drähte proportional wachsen müsse“.

Würden die beiden von Müller aufgestellten Sätze ihre volle Geltung haben, so könnte man unter Zugrundelegung von Versuchsreihen mittelst irgend einer Kette diejenige Combination leicht berechnen, die einer beabsichtigten Glühwirkung entspricht. Würde nämlich a die Stromstärke einer bestimmten Kette sein, durch welche ein Drahtstück von bekanntem Durchmesser auf einen verlangten Glühgrad gebracht wird, wäre e die elektrische Kraft und w der Widerstand eines Elementes, so müsste, wenn r den Leitungswiderstand im Schliessungsbogen bedeutet, bei der günstigsten Anordnung

$$\frac{ne}{2r} = a$$

die Stromstärke der npaarigen Säule, also

$$n = \frac{2ar}{e}$$

sein. Ist jedes Element der Säule aus mfachen Ketten zusammengesetzt, so wird der Widerstand der Batterie:

$$\frac{n}{m}w = r,$$

folglich

$$m = \frac{2aw}{e},$$

und man würde also mit Hülfe der vorher gemachten Ermittelungen die für die beabsichtigte Glühwirkung erforderlichen Anordnungen aus den für n und m erhaltenen Werthen bestimmen können.

Gegen alle diese Annahmen dürften aber einige Zweifel zu erheben sein. Vor allem ist es nicht möglich, den dem r entsprechenden Werth in die obigen Ausdrücke einzuführen, da wir nicht wissen, welcher Leitungswiderstand des Schliessungsleiters hier zu nehmen ist, ob der, welcher ohne eintretende Temperaturerhöhung den verschiedenen dabei angewendeten Drähten angehört, oder jener, der der erhöhten Temperatur entspricht. Abgesehen davon, dass wir über den Leitungswiderstand glühender Drähte noch viel zu wenig Angaben haben, um hievon Gebrauch machen zu können [8], so sind ja zum Schliessen der Kette, wenigstens in allen den Fällen, die wir im Auge haben, noch andere Leiter verwendet, die entweder nur eine geringe, oder gar keine merkliche Temperaturerhöhung erfahren, deren Widerstand aber nicht vernachlässiget werden darf, und es liegt daher eine volle Dunkelheit noch in der Erledigung der Frage: „welche Leitungswiderstände hat man hier in Rechnung zu bringen, oder wie gelangt man zu dem Werthe von r, da diese Grösse doch offenbar die Summe der reducirten Längen aller zum Schliessungsleiter verwendeten Drähte bedeuten soll?" — Ausserdem müssen wir bemerken, dass wir von der Richtigkeit des zweiten der von Müller aufgestellten Sätze uns nicht genügend zu überzeugen im Stande sind, da die hiefür vorgeführten Versuche kaum ausreichen dürften, um jenen Satz nachzuweisen. Nach diesem soll nämlich die Stromstärke in geradem Verhältnisse mit den Durchmessern der Glühdrähte zunehmen. Stellt man nun die angegebenen Stromstärken für die Drähte von $0^{mm},39$, $0^{mm},45$ und $0^{mm},75$ mit den bei gleichen Glühgraden aus den zum Glühen des $0^{mm},3$ dicken Drahtes angewandten Stromstärken zusammen, so sollte man aus letzteren die übrigen Stromstärken wenigstens nahezu erhalten, wenn man jene beziehungsweise mit den Zahlen 1,3, 1,5 und 2,5 multiplicirt. Bezeichnet man nun die dem Glühdrahte von $0^{mm},3$ Durchmesser angehörigen Stromstärken mit s, so findet man:

Glüherscheinung.	Stromstärke für $0^{mm},39$.		Stromstärke für $0^{mm},45$.		Stromstärke für $0^{mm},75$.	
	Beobachtet.	Aus 1,3 *s* berechnet.	Beobachtet.	Aus 1,5 *s* berechnet.	Beobachtet.	Aus 2,5 *s* berechnet.
Schwaches Glühen . .	65,24	61,33	75,06	70,77	—	—
Rothglühen	72,45	66,07	77,77	76,23	121,24	127,05
Hellrothglühen	77,77 *	71,07	84,42	82,05	157,22	136,67
Fast Weissglühen . .	—	—	103,74	94,50 **	—	—

* In dem Originale heisst es hier „Hellglühen".
** Hiefür ist eigentlich keine Beobachtung vorhanden, es wurde daher die Angabe für „sehr Hellglühen" benutzt.

Betrachtet man die vorstehenden Zahlen, so möchte in Zweifel gestellt werden dürfen, ob dieselben das oben ausgesprochene Gesetz auszudrücken vermögen, da eigentlich unter denselben nur ein einziges Beobachtungsresultat (nämlich das für das Rothglühen des Drahtes von $0^{mm},45$ Dicke) vorhanden ist, das demselben entsprechen würde, während alle übrigen Zahlen viel zu bedeutende Abweichungen zeigen, um dieselben benutzen zu können. Von den mit Eisendrähten angestellten Beobachtungen lassen nur die Reihen eine genauere Vergleichung zu, welche für Drähte von grösserer Durchmesserverschiedenheit angegeben wurden, und für diese zeigen nur die für die Erscheinungen des „Schwachglühens" verglichenen Werthe eine ausreichende, für die übrigen aber keine Uebereinstimmung. — Uebrigens ist auch die Zahl der Beobachtungen, sowie die Verschiedenheit der Drähte zu gering, um mittelst derselben die Beziehung zwischen Stromstärke und Drahtdicke ermitteln zu können.

Da wir nun nicht berechtiget sind, die von Lenz für die Wärmeentwickelung in Drähten entwickelten Gesetze (S. 384) auch auf die Glühwirkungen ihrer ganzen Ausdehnung nach überzutragen, so kennen wir bis jetzt die Gesetze der Glühwirkungen — ausser dem ersten von Müller angegebenen (S. 387) und genügend begründeten Gesetze — unter Einwirkung des Volta'schen Stromes nicht. Ob aber das Glühen von Metalldrähten durch den Volta'schen Strom nicht denselben Gesetzen unterworfen ist, wie das durch den Entladungsstrom, darüber lassen sich bestimmte Behauptungen jetzt nicht aufstellen. Riess hat durch Experimente mit Platindrähten nachgewiesen [9], „dass das Glühen eines Drahtes, ebenso wie seine Erwärmung, abhängig ist von dem Producte der angewandten Elektricitätsmenge in ihre Dichtigkeit", und dass überhaupt das Glühen durch die Entladung einen constanten Entladungsstrom erfordert. Ferner hat Riess an zwei Drähten von 15,7 Linien und 77,5 Linien Länge gezeigt, „dass die zum Glühen eines Drahtes erforderliche Stärke des Entladungsstromes unabhängig ist von seiner Länge", und endlich wurde von diesem Physiker unter Anwendung von sehr dünnen Platindrähten (deren Radien 0,0181, 0,02089, 0,0261, 0,02857 und 0,04053 Linien waren) durch den Versuch festgestellt: „Die Stärke des Entladungsstromes einer Batterie, die zum Glühen eines Drahtes erforderlich wird, ist dem Biquadrate des Radius derselben proportional". — Der erste der genannten Sätze steht mit den für die Wärmeentwickelung und das Glühen durch den Volta'schen Strom aufgestellten Behauptungen nicht in

Widerspruch, hingegen ist der letzte der hier vorgeführten Sätze mit den aus den Lenz'schen Gesetzen unmittelbar sich herausstellenden Folgerungen, „nach welchen nämlich die Quadrate der Glühtemperaturen den dritten Potenzen der Drahtlängen verkehrt proportional sind, ferner die Quadrate der Stromstärken zu einander sich verhalten, wie die dritten Potenzen der Drahtdurchmesser", nicht in Einklang zu bringen. Es geht also, wie bereits erwähnt, bloss daraus hervor, dass die Gesetze des Glühens durch den Volta'schen Strom noch nicht bekannt sind. Ob nun diese Aufgabe für die Wirkung des Entladungsstromes vollständig schon als gelöst erscheinen darf, ob nämlich die unter Anwendung von Drähten von so geringen Durchmessern aufgefundenen Thatsachen die grösste Allgemeinheit des oben ausgesprochenen Gesetzes zulassen, dürfte ebenfalls erst durch künftige Untersuchungen sicher festzustellen sein.

Wenn wir aber alle bisher uns bekannt gewordenen Untersuchungen über die Wärmeentwickelung durch elektrische Entladungs- und durch Volta'sche Ströme durchgehen [10], so haben wir wenigstens keinen Grund zu der Behauptung, dass das durch die letzteren hervorgebrachte Glühen anderer Natur sei, als das durch jene bewirkte. So lange nun nicht in exacter Weise in dieser Beziehung ein Unterschied nachgewiesen wird, sind wir auch — wenigstens für unsere vorliegenden Zwecke — berechtiget, die Vorgänge der einen oder der anderen Art als nicht von einander verschieden anzunehmen, und so die Untersuchungen über Wärmeentwickelung durch den Volta'schen Strom durch jene, welche mittelst des Entladungsstromes vorgenommen wurden, zu ergänzen.

Endlich dürfen wir es nicht unterlassen, noch eine Bemerkung anzufügen, die sich auf das Glühen verschiedener Metalle durch Einwirkung des Volta'schen Stromes bezieht. Aus den schon öfters erwähnten Untersuchungen von Müller geht (a. a. O.) hervor, dass das Rothglühen eines Platindrahtes von $0^{mm},7$ Dicke bei einer Stromstärke von 121,24, das eines Eisendrahtes von derselben Dicke bei 103,74 erfolgte; ferner zeigte sich für die übrigen der untersuchten Drähte, dass bei dem Durchmesser von $0^{mm},2$ das Rothglühen eintrat:

für Eisen bei der Stromstärke 25,41
„ Silber „ „ „ 86,45
„ Kupfer „ „ „ 89,60,

ferner bei dem Durchmesser der Drähte von $0^{mm},255$ das Schwachglühen:

für Eisen bei der Stromstärke 31,15
„ Silber „ „ „ 107,80

und bei dem Durchmesser von $0^{mm},2$:

für Eisen bei der Stromstärke 24,08
„ Kupfer „ „ „ 77,77.

In Beziehung auf die zur Erregung eines und desselben Glühdrahtes erforderliche Stromstärke folgen daher die genannten Metalle in nachstehender Ordnung auf einander:

Eisen, Platin, Silber und Kupfer,

so dass also für jedes der voranstehenden Glieder eine geringere Stromstärke erforderlich ist, wie für das nachfolgende, um einen bestimmten Glühgrad zu erzeugen. In qualitativer Beziehung geht aus den Untersuchungen von Riess mittelst des Entladungsstromes ganz dasselbe hervor. Die von diesem Physiker erhaltenen Resultate habe ich in der folgenden Tabelle, welche ausserdem noch die specifische Wärme und die Dichten der aufgezählten Metalle beiläufig angibt, zusammengestellt:

Namen des glühenden Metalles.	Entsprechende Stromstärke.	Dichte.	Specifische Wärme für die des Platins = 1.
Eisen	0,816	7,75	3,56
Neusilber	0,950	8,51	3,1 (?)
Platin	1	19,27	1
Palladium	1,07	12,00	1,84
Messing	2,59	8,34	3,13
Silber	4,98	10,49	1,82
Kupfer	5,95	8,89	3,00

Man nimmt gewöhnlich an, dass die Wärmecapacität, sowie das specifische Gewicht auf das Glühen von Drähten durch den elektrischen Strom Einfluss haben; betrachtet man aber die Zahlen der vorstehenden Tabelle, so ist es nicht möglich, einen derartigen Zusammenhang wahrzunehmen. Was aber besonders auffallend ist, das ist der Umstand, dass einzelne Metalle mit geringerem Leitungswiderstande eine geringere Stromstärke erfordern, als andere mit grösserem (bei gewöhnlicher Temperatur), um denselben Glühgrad anzunehmen. So folgen bekanntlich — wenigstens nach den meisten bis jetzt bekannt gewordenen Versuchsresultaten — bezüglich der Leitungswiderstände die vorstehenden Metalle in folgender Ordnung auf einander: Neusilber, Platin, Eisen, Messing, Kupfer und Silber, während die Glühwirkungen in dieser Ordnung nicht auf einander folgen. Es müssen also noch besondere Umstände hier von Einfluss sein, auf welche man bei der Untersuchung nicht Rücksicht nehmen kann, oder wenigstens bis jetzt noch nicht Rücksicht genommen hat. Zu diesen unbekannten Umständen mögen die auf die Homogenität, dann auf die Festigkeit und Elasticität der Metalle sich beziehenden Eigenschaften gehören; aber eine Eigenschaft möchte ganz besonders hier von Einfluss sein, d. i. die Veränderung des Leitungswiderstandes der verschiedenen Metalle bei denselben Temperaturerhöhungen. Es lässt sich nämlich vermuthen, dass das Glühen um so leichter eintritt, je rascher der Leitungswiderstand eines Metalles dabei zunimmt, und dass also die Erscheinungen des Glühens nicht bloss von den Leitungswiderständen der Metalle bei gewöhnlicher Temperatur abhängig sind, sondern auch, und zwar insbesondere von der Fähigkeit der Metalle, eine raschere oder langsamere, sowie auch eine grössere oder geringere Aenderung des Leitungswiderstandes zu erfahren, wenn eine Temperaturerhöhung eintritt. Diese Vermuthung wird auch gerechtfertiget, wenn man die vorstehende Tabelle mit der für die Aenderung der Leitungsfähigkeit der Metalle bei erhöhter Temperatur früher angegebenen (siehe S. 38) vergleicht. Aus dieser erkennt man nämlich, dass der Leitungswiderstand des Eisens bei 200° R. schon der 2,53fache von dem bei 0° R. ist, während der des Platins bei 200° nur der 1,57fache von jenem bei 0°, und bei jener Temperatur geringer, als der des Eisens ist. Aehnliches finden wir für Silber und Kupfer, jedoch in geringerem Grade: der Leitungswiderstand des Silbers ist nämlich bei 200° doppelt so gross als bei 0°, während das Kupfer bei 200° nur den 1,8fachen Leitungswiderstand wie bei 0° hat. Es lässt sich daher auch vermuthen, dass bei eintretendem Glühen die Veränderungen in dieser Beziehung in noch bedeutenderem Grade hervortreten, als unter den angegebenen Umständen.

§. 70. Untersuchung der Entfernungen, innerhalb welchen man mittelst einer gegebenen Volta'schen Kette das Zünden von Objecten vornehmen kann.

Soll die Anwendung der Volta'schen Batterie zum Zünden von Minenöfen zulässig sein, so muss vor allem nachgewiesen werden, dass man mittelst einer

gegebenen Kette noch in bedeutenden Entfernungen das Glühen eines dünnen Drahtes vornehmen kann, und dass selbst mehrere solche Objecte gleichzeitig einen und denselben Glühzustand annehmen, wenn dieselben in verschiedenen gegenseitigen Entfernungen in einen langen Schliessungsbogen eingeschaltet werden. Würden die Gesetze des Volta'schen Glühens vollständig ermittelt sein, so würde man unter Anwendung der bereits vorgetragenen Principien im Stande sein, diejenigen Combinationen einer bekannten Kette berechnen zu können, um eine gewisse Anzahl von Objecten, die in einer gegebenen Entfernung vom Minenheerde sich befinden, mit Sicherheit zünden zu können. Da aber, wie aus dem Inhalte des letzten Paragraphen hervorgeht, solche sichere Anhaltspunkte keine gegeben sind, so hat man sich zuerst die sichere Ueberzeugung zu verschaffen, ob überhaupt eine Volta'sche Batterie für die vorliegenden Zwecke zulässig ist, und man wird dann in jedem gegebenen Fall auf ähnliche Weise die gestellte Aufgabe lösen können. — Es ist nämlich bekannt, dass man mittelst des Entladungsfunkens — nämlich unter Anwendung des elektrischen Zündapparates, wie derselbe im vorigen Kapitel auseinandergesetzt wurde — die gestellte Aufgabe für die grössten Entfernungen, und selbst unter Einschaltung von vielen Objecten lösen kann, während der Volta'schen Batterie eine solche Leistungsfähigkeit für praktische Zwecke nicht zugestanden wird. Da nun, wie bereits (S. 298) erwähnt, durch Anwendung der Volta'schen Batterie für Zündzwecke noch Vortheile erlangt werden, die keine andere Zündungsmethode gewähren kann, so konnte es nicht gleichgültig sein, über die hier angeregte Frage zu entscheiden oder nicht. Ich habe vor mehreren Jahren eine derartige Untersuchung unter Anwendung einer Kohlenzinkbatterie sowohl, als auch, und zwar insbesondere unter Benutzung einer Kupferzinkbatterie vorgenommen, und will nun einige jener Versuchsresultate, wie ich sie bereits damals veröffentlicht habe, hier vorführen. Um aber zu zeigen, wie man in jedem in der Praxis vorkommenden Fall zu verfahren habe, um die zweckmässigste Combination für irgend eine gegebene Kette ermitteln zu können, will ich auf die Beschreibung des ganzen Verfahrens etwas näher eingehen.

Ich werde daher über folgende Einrichtungen, die ich bei jenen Versuchen benutzte, Aufschluss zu geben versuchen:

1. Ueber die Einrichtung der bei den Versuchen benutzten Ketten.
2. Ueber die Construction des dabei benutzten Rheostaten.
3. Ueber die Anordnung des Apparates, um das gleichzeitige Glühen von mehreren Objecten bei variablen Widerständen des Schliessungsbogens beobachten zu können.
4. Ueber die Einrichtung des dabei benutzten Commutators.

Das bei meinen Versuchen angewendete Rheometer war eine Tangentenboussole, und wir verweisen bezüglich der vollständigen Theorie und Einrichtung dieses Instrumentes auf die in §. 10 des XIX. Bandes der „Allgemeinen Encyklopädie“ enthaltenen Erörterungen, während wir eine kurze Beschreibung dieses Instrumentes zum Gebrauche für technische Zwecke bei einer späteren Gelegenheit anfügen werden. Zum blossen Abschätzen der Stromstärken reicht in vielen Fällen ein Rheoskop aus, wie ein solches früher (S. 177, *Figg. 78* und *79*) be-

schrieben wurde; nur muss man die Anzahl der die Nadel umgebenden Windungen in entsprechender Weise wählen.

Ad 1. Für die Versuche wurden zweierlei Ketten benutzt, und zwar eine Kohlenzink- und eine Kupferzinkkette. Die Einrichtung eines Elementes (der einfachen Kette) der benutzten Kohlenbatterie ist in *Fig. 154* in $1/3$ der wirklichen Grösse dargestellt. Der Kohlencylinder* *k* ist an seinem oberen Rande mit einem Kupferring, der mit einem aus Wachs und Colophon bereiteten Firniss bestrichen ist, umgeben, und dieser Ring ist bei *f* mit einer Schraubenmutter versehen, um hier eine mit angelöthetem Kupferdrahte versehene Metallplatte mit der Kohle in Contact bringen zu können; *tt* bedeutet einen porösen Cylinder aus verglühter — sehr poröser — Porzellanmasse, und diese enthält Zinkstäbe *z*, die mittelst angelötheter Kupferdrähte durch die Schraube *s* unter einander metallisch verbunden werden können. Die Schraube *s* ist von der früher (*Fig. 74*, S. 176) angegebenen Construction, und kann also zugleich zur Verbindung der Zinkstäbchen mit dem Kohlencylinder eines zweiten Elementes dienen. —

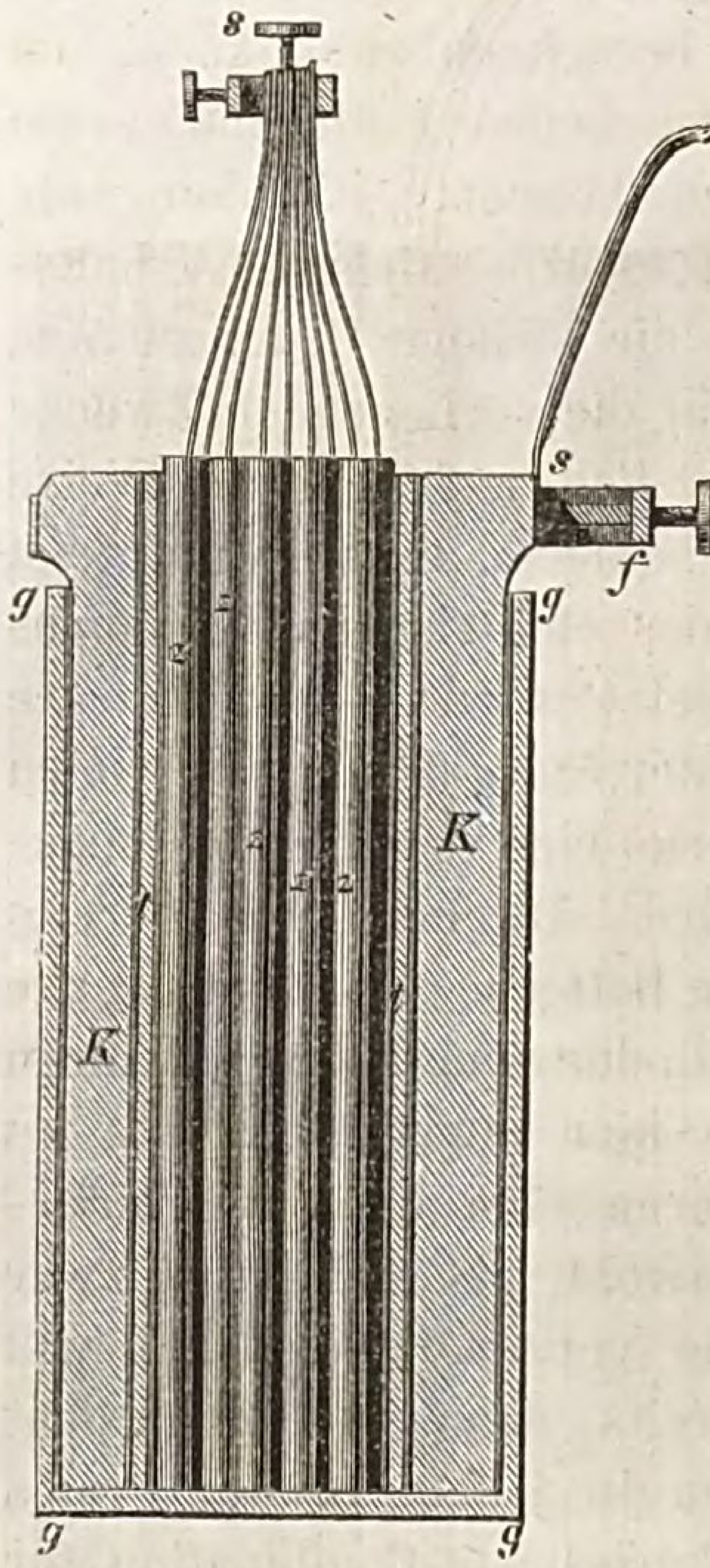


Fig. 154.

Die von mir angewendete Kupferzinkkette ist eine etwas abgeänderte DANIELL'sche Kette (*Fig. 151*, S. 374). Das in *Fig. 155* (S. 395) in $1/2$ der wirklichen Grösse abgebildete Element der einfachen Kette zeigt die in einem Glascylinder enthaltenen Theile der Kette. Hiebei bedeuten k_1, k_2 und k_3 drei ineinander gesteckte Kupfercylinder, wobei k_2 und k_3 an einigen Seiten mit Oeffnungen versehen sind, und k_1 einen Boden hat; *tt* ist das poröse Gefäss, welches die Flüssigkeiten beider Zellen von einander trennt, und in diesem befinden sich wieder Zinkstäbe, die wie bei der vorigen Einrichtung gut amalgamirt, und durch die Klemme *s* mit einander verbunden sind. Als Fortsätze der Kupfercylinder dienen die Streifen s_1, s_2 und s_3, die an den einzelnen Cylindern angelöthet sind, und gemeinschaftlich in die Schraube *s* des nächsten Zinkelementes eingeklemmt werden, wenn man eine zusammengesetzte Kette herstellen will. — Die Art und Weise, nach welcher die Verbindung einzelner Ketten zu einer zusammengesetzten oder zu einer mehrfachen Kette zu geschehen hat, ist oben beschrieben worden, und kann ausserdem theilweise aus früheren Darstellungen (*Figg. 151 — 155*) ersehen werden. — Von der hier erwähnten Kupferzinkbatterie bemerke ich ferner, dass dieselbe so eingerichtet ist, dass man dieselbe während längerer

* Die Verfertigungsweise dieser aus Steinkohle und Coaks bereiteten Cylinder wird unten in Erwähnung kommen. Die hier in Rede stehenden Kohlencylinder sind von STÖHRER bezogen worden.

Zeit auf einer und derselben Temperatur erhalten kann. Sie befindet sich nämlich zu dem Ende in einem mit Fächern versehenen Holzkasten, die Gefässe sind mit Sand umgeben, und stehen auf einer dicken Sandschichte, die auf einer dicken Eisenplatte ausgebreitet ist. Unterhalb der letzteren ist ein Erwärmungsraum, in welchen eine Lampe eingeschoben werden kann. Nach geschehener Erwärmung des Sandes wird die Lampe weggenommen; der Kasten bleibt während des Gebrauches der Batterie geschlossen. — Bei den unten beschriebenen Versuchen wurde diese Einrichtung nicht benutzt, sondern die ganze Batterie in einen mit Wasser theilweise gefüllten Kasten versetzt, und das Wasser beständig auf eine nicht unter 20° R. herabsinkende und 35° R. nicht übersteigende Temperatur erhalten.

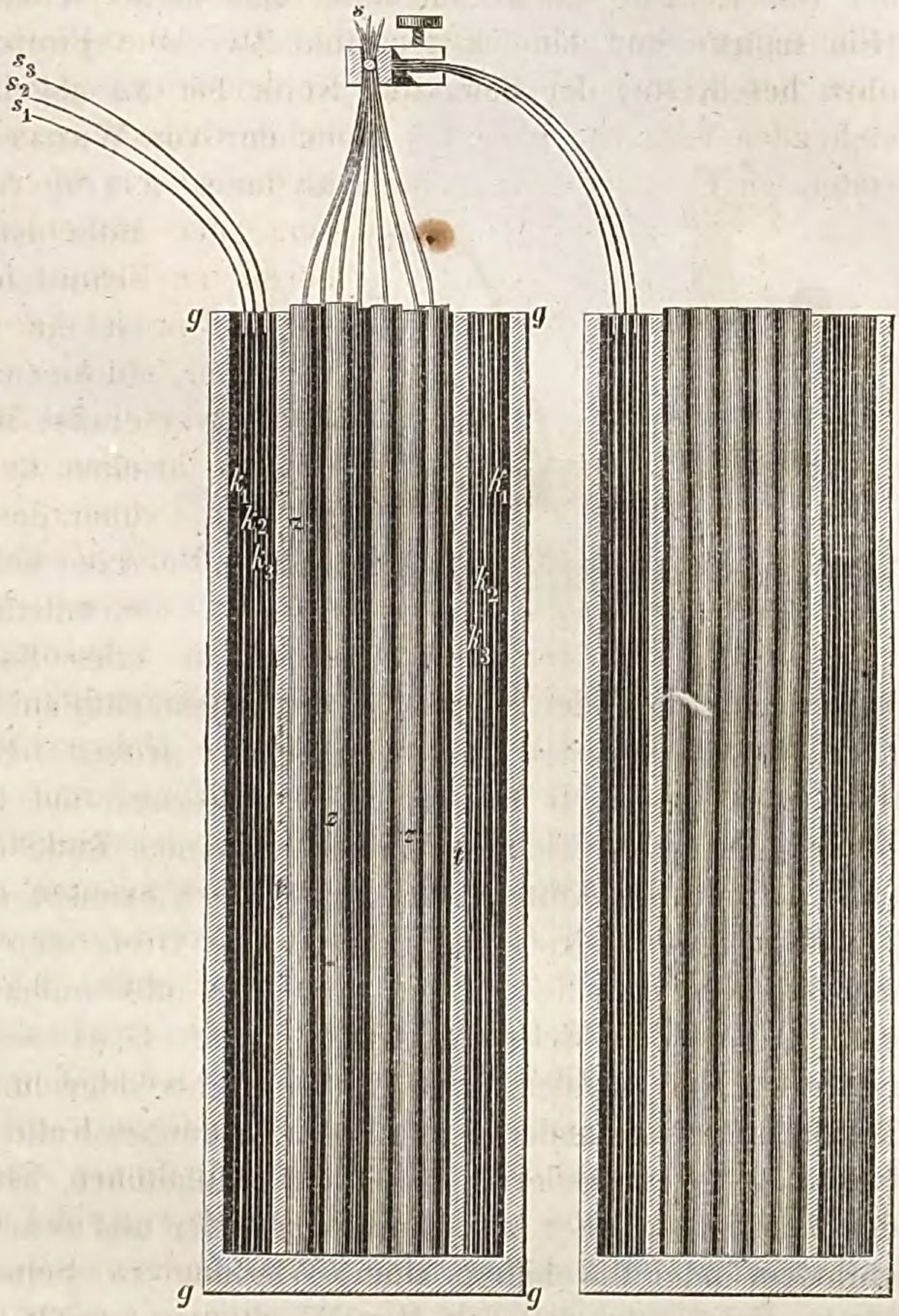


Fig. 153.

Als Anregungsflüssigkeit wurde bloss verdünnte Schwefelsäure und zwar in verschiedenen Concentrationsgraden für die beiden Zellen eines jeden Elementes benutzt. Die Kohlencylinder der zuerst erwähnten Batterie wurden aber vor der Zusammensetzung der letzteren in concentrirter chemisch reiner Salpetersäure getränkt, und zwar aus dem Grunde, damit die der Wirksamkeit der durch verdünnte Schwefelsäure angeregten Kohlenzinkkette sehr nachtheilige Schwefelwasserstoff-Entwickelung nicht zum Vorschein kam.

Ad 2. Um die bei längerem Schliessungsbogen einer für die Anwendung bestimmten Kette eintretenden Leitungswiderstände schon bei den Untersuchungen in Rücksicht zu bringen, und andererseits, um die Stromstärke einer Kette durch Vergrösserung oder Verkleinerung des Leitungswiderstandes im Schliessungsbogen in bestimmter Weise reguliren zu können, schaltet man in die Kette eigens für diese Zwecke construirte Vorrichtungen ein, die man mit dem Namen Widerstandsmesser (Regulatoren, nach Jacobi: Agometer, nach

WHEATSTONE: Rheostate) bezeichnen kann, wenn dieselben während der Versuche einen variablen und messbaren Widerstand zur Benutzung zulassen; bleibt der Widerstand constant, so kann man hiefür Widerstandsrollen etc. verwenden. (Ein Instrument, das für derartige Zwecke verwendet werden kann, ist schon oben beschrieben worden, und ist in *Fig. 84* abgebildet.) — Für die in Rede stehenden Versuche habe ich einen der von WHEATSTONE angegebenen [11] Rheostaten angewendet. Auf einem Cylinder *a* (*Fig. 156*) aus wohl getrocknetem Holz ist ein Schraubengang eingeschnitten. In diesen Schraubengang ist ein Neusilberdraht von $^1/_3$ Linie Dicke (nach WHEATSTONE ein Kupferdraht) so gelegt, dass er gleichsam einen Grat der Schraube bildet. Dicht über dem Cylinder und parallel seiner Axe befindet sich ein dreiseitiger Metallstab *b*, welcher einen Reiter oder Schlitten *c* trägt; an diesem Reiter ist eine Feder *d* befestiget, die beständig auf den schraubenförmigen Draht drückt und dabei jeder kleinen Unebenheit nachgibt. Das eine Ende des Schraubendrahtes ist an einen Messingring *e* befestiget, auf welchen eine Feder *f* drückt, die mittelst einer Klemmschraube mit einem Ende der Kette verbunden ist; das andere Ende der Kette steht durch die Klemmschraube *g* in metallischer Verbindung mit dem dreiseitigen Metallstab. Dreht man die Kurbel *h*, so bewegt sich der Cylinder um seine Axe in der einen oder anderen Richtung, und der Reiter, geführt von dem Schraubendraht, gleitet längs des Cylinders fort, vor- oder rückwärts, je nachdem der Cylinder rechts oder links gedreht wird. Sowie der Reiter mit einem anderen Punkt des Schraubendrahtes in Berührung kömmt, wird in die Kette ein anderer Widerstand eingeführt, bestehend bloss aus dem Theil des Drahtes, welcher zwischen dem Reiter und dem mit *f* verbundenen Drahtende enthalten ist. Die Länge einer Windung an meinem Rheostaten beträgt 1,93 bayer. Fuss, und die Zahl der Windungen ist 150. Die reducirte Länge eines bayer. Fusses dieses Neusilberdrahtes wurde, bezogen auf einen Kupferdraht, wie ich solchen für alle meine Versuche bisher benutzte, dessen Dicke zu 1 bayer. Decimallinie angenommen, von der Grösse 100,55 Fuss Normaldraht gefunden.

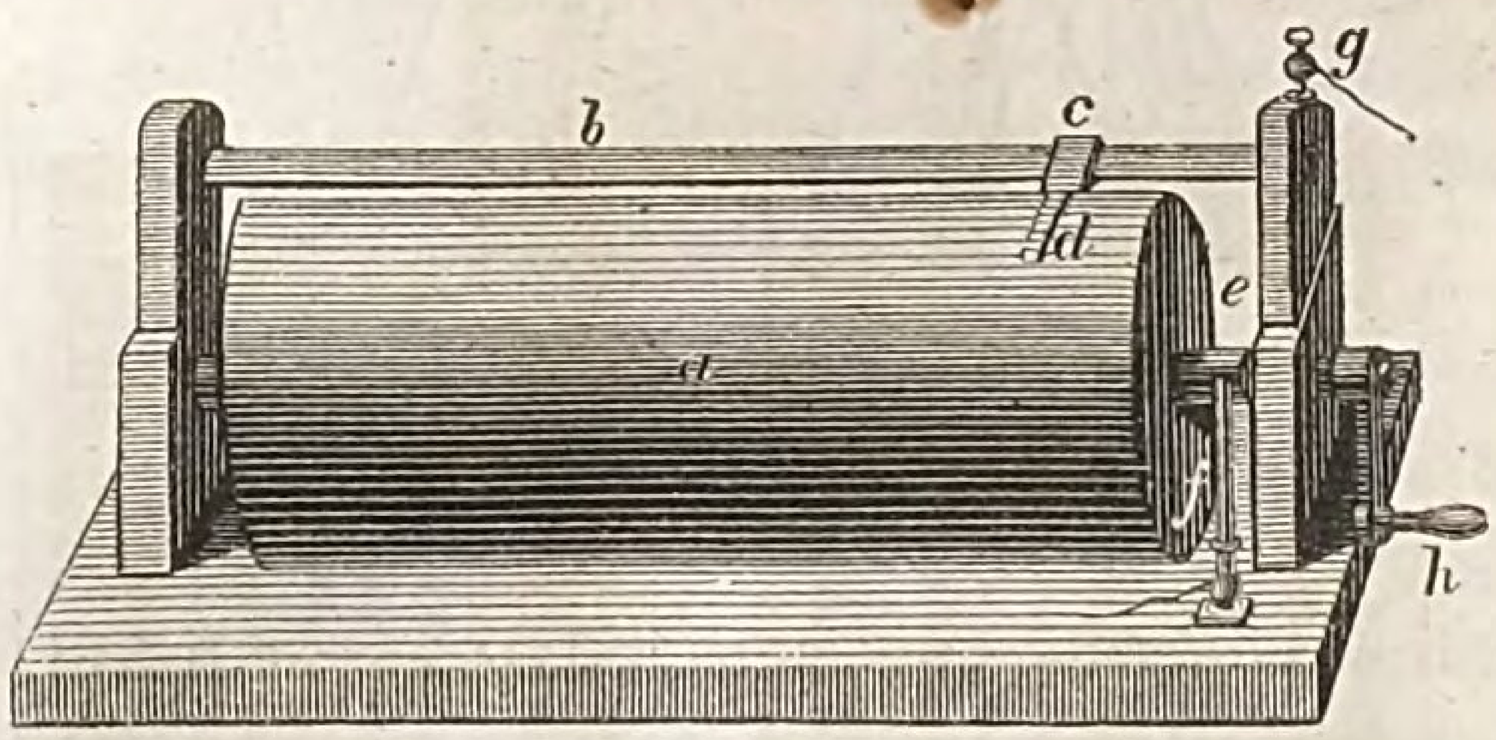


Fig. 156.

Ad 3. Um das Glühen von Drähten unmittelbar beobachten zu können, wurde eine einfache Vorrichtung benutzt. Auf einem Brette befinden sich sechs Widerstandsrollen in passender Entfernung, die unter Anwendung von Klemmen paarweise so in Verbindung gebracht werden können (*Fig. 157*, S. 397), dass zwischen den Drahtenden *m* und *n* (wie diess für zwei solche Rollen hier angedeutet ist) eine kleine Lücke bleibt, während die offenen Drahtenden der ersten und letzten Rolle in Messingsäulchen *a* und *e* eingeklemmt werden können, durch welch' letztere wieder anderweitige metallische Verbindungen hergestellt werden können. Jede der Lücken, wie hier *mn*, wurde durch Anlöthen eines Platindrahtes von 1 bis $1^1/_4$ bayer. Decimalzoll Länge ausgefüllt, so dass

$^1/_3$ der wirklichen Grösse.

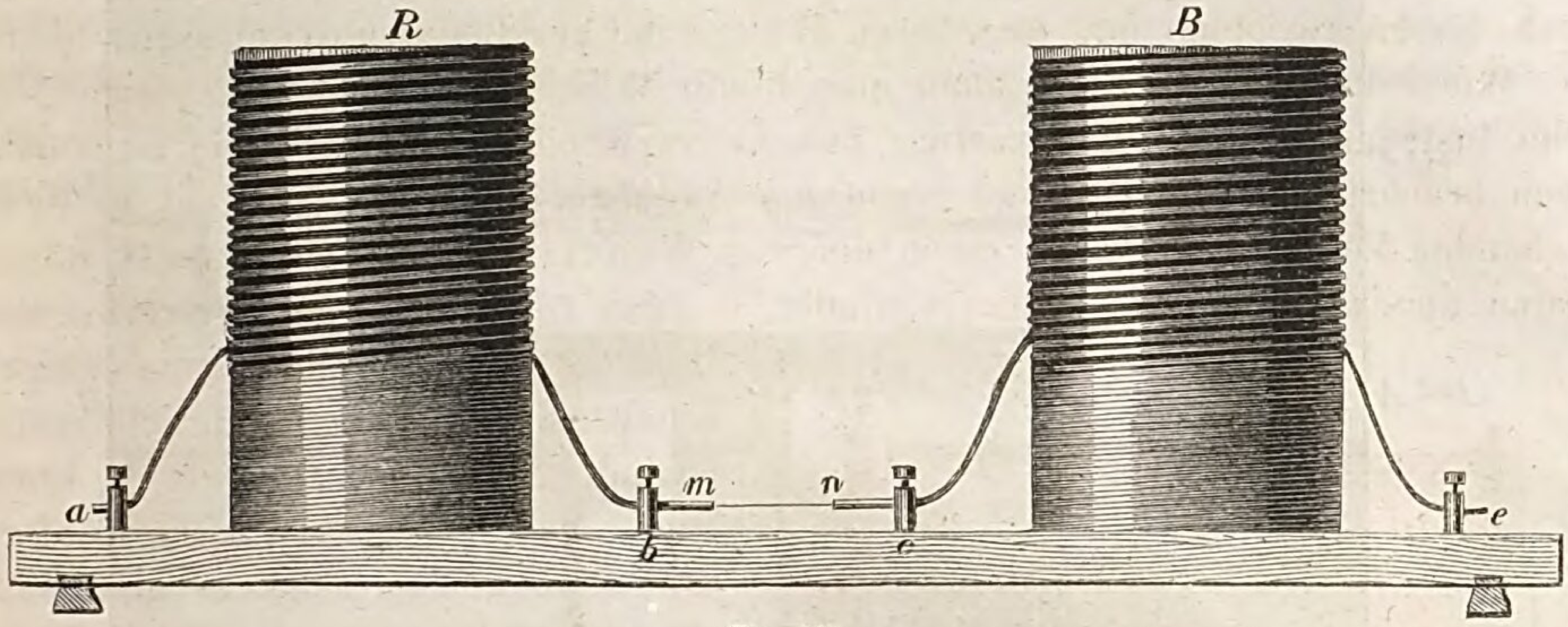


Fig. 157.

also dieser Platindraht die leitende Verbindung zwischen den zugehörigen Drahtenden der Widerstandsrollen herzustellen hatte. Jede der Widerstandsrollen enthält zweierlei Schraubengewinde; in das obere ist ein Kupferdraht von 16 bayer. Fuss Länge, in das untere ein dünner Eisendraht gelegt; der letztere kam aber bei diesen Versuchen nicht zur Anwendung. Bei dieser Anordnung können also die Versuche in derselben Weise ausgeführt werden, als ob je zwei der Glühobjecte in einer Entfernung von 16 Fuss von einander sich befänden, über welche ein Kupferdraht von 1 Linie Dicke ausgespannt ist.

Ad 4. Ein Apparat dieser Art ist bei allen Versuchen mit Volta'schen Ketten anzuwenden nöthig. Vor allem hat man nämlich die Kette nur so lange in geschlossenem Zustande zu erhalten, als das Experiment selbst andauert, sodann hat man sogleich wieder dieselbe zu öffnen. Ein bequemes und einfaches, sowie sicheres Mittel ist dabei zum Herstellen und Unterbrechen des Stromes nothwendig, und hiefür dienen die Stromunterbrecher (die man auch mit den Namen Commutatoren, Rheotomen, Mutatoren etc. bezeichnet hat). Manche Versuche erfordern, dass die Ablesung der Angaben des Rheometers vorgenommen wird, sowohl wenn der Strom in einem bestimmten, als auch, wenn derselbe nach entgegengesetztem Sinne von jenem den Schliessungsleiter durchläuft. Zur Erfüllung dieses Zweckes können nun die Commutatoren eingerichtet werden (und insofern, als sie nur dieser Absicht dienen, kann man dieselben auch mit dem Namen Rheotrop, auch Gyrotrop etc. bezeichnen).

Für meine Versuche hatte ich Anfangs verschiedene Vorrichtungen. Später benutzte ich bloss zweierlei Einrichtungen, die ich hier beschreiben will. Der eine dieser Commutatoren ist in *Fig. 158*, S. 398 (im Grundrisse) dargestellt. Auf einem Brettchen sind zwei Kupferstreifen AB und CD isolirt von einander befestiget, bei A und C sind die Schraubensäulchen a und b (metallisch mit jenen Streifen verbunden) zur Aufnahme von Drähten angebracht. Senkrecht gegen jene sind die beiden Kupferstreifen Eg und E_1g_1 unter einander sowohl, als auch, dadurch dass sie bei F und F_1 aufgebogen sind, von AB und CD isolirt auf dem Brettchen festgeschraubt. Der Raum zwischen AB und CD ist theilweise mit Elfenbein ausgefüllt. Bei J ist die Drehungsaxe eines Hebels

$^1/_2$ *wirklicher Grösse.*

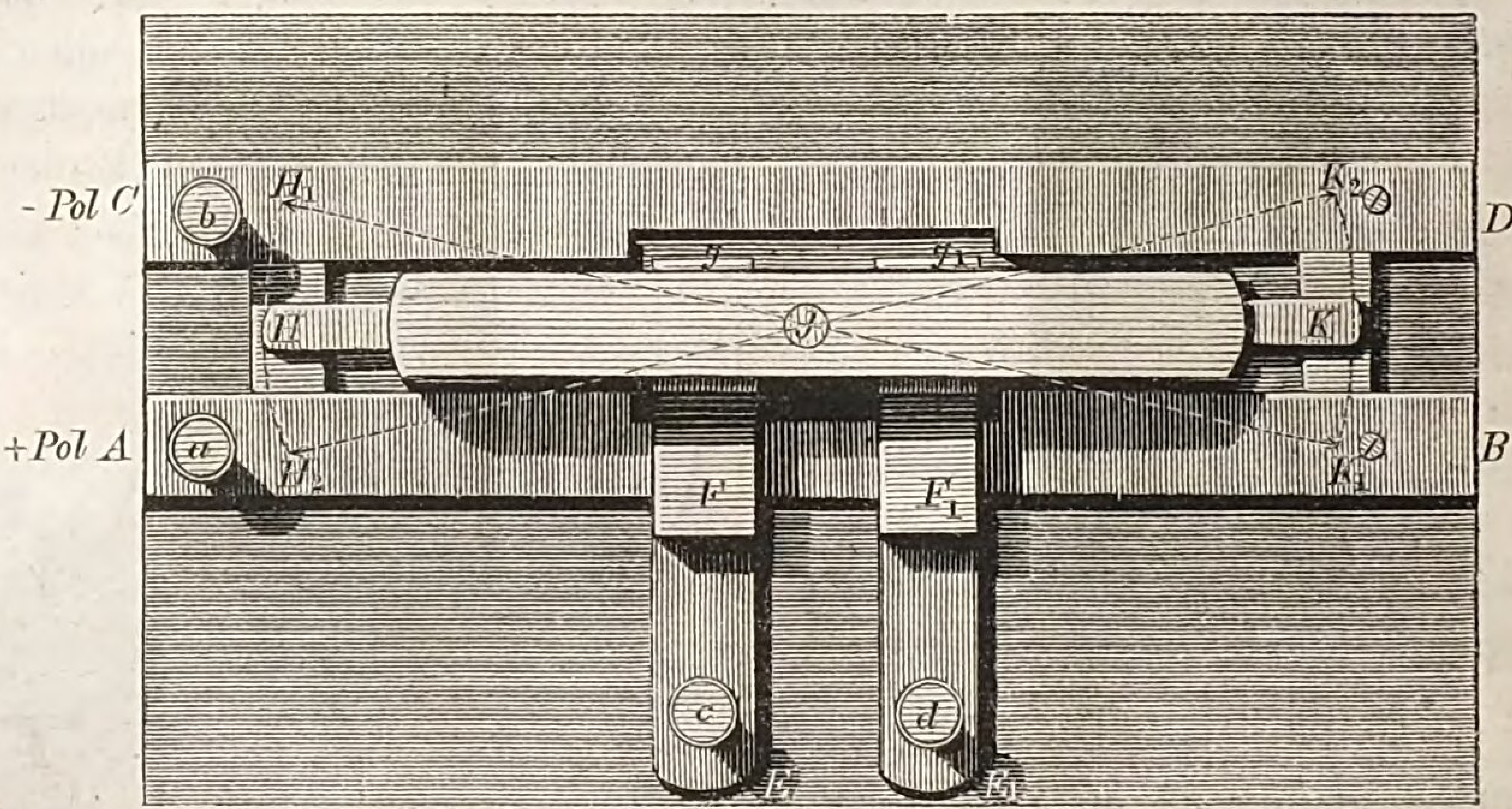


Fig. 158.

HJK (aus Holz) angebracht, von welch' letzterem jeder Arm an seiner unteren Fläche eine Messingfeder angeklemmt enthält. Die eine dieser Federn ist bei geöffneter Kette mit dem einen Ende H auf den Elfenbeineinsatz, und die andere mit dem Ende K ebenfalls auf die isolirende Fläche versetzt, während die anderen zwei Enden der Federn stets in metallischer Berührung mit den Streifen Eg und $E_1 g_1$ beziehungsweise stehen. Bei E und E_1 sind die Schraubenklemmen c und d angebracht, die zur Aufnahme der von den Enden des Rheometers ausgehenden Drähte, während die Klemmen a und b zur Befestigung der Poldrähte der Kette bestimmt sein sollen. So lange nun der Hebel HK die hier angezeigte Lage hat, ist die Kette offen; wird derselbe so gedreht, dass er die Richtung $H_1 K_1$ annimmt, so ist die Kette geschlossen, und zwar geht sodann der Strom durch den Streifen AB nach der Contactfeder bei K_1, von hier aus auf den Streifen $E_1 F_1 g_1$, durch das Rheometer nach EFg, kömmt hier zur zweiten Contactfeder und durch den Streifen CD in die Kette zurück. Dreht man hingegen den Contacthebel in die durch $H_2 K_2$ angezeigte Lage, so ist jetzt die Richtung des Stromes die folgende: von A zur Contactfeder H_2 nach dem Streifen gFE, durch das Rheometer nach $E_1 F_1 g_1$, von da auf die Contactfeder, deren zweites Ende bei K_2 ist, übergehend und durch $K_2 C$ in die Kette zurück. In dieser zweiten Stellung des Contacthebels hat also der Strom die entgegengesetzte Richtung, wie in der Lage $H_1 K_1$. — Dieser Commutator ist so lange vollkommen brauchbar, als die Contactfedern eine vollständige metallische Berührung mit den zugehörigen Metallstreifen machen; da dieselben aber nach und nach ungleiche Elasticität annehmen, so kann der Fall eintreten, insbesondere, wenn eine kleine, auch ganz dünne, Oxydschichte an ihren unteren Flächen sich bildet, dass der Strom nach der einen Richtung einen etwas grösseren Widerstand erfährt, als derselbe bei der anderen Stellung des Hebels eintritt. Es können also auf diese Weise nicht bloss Stromschwächungen, durch den Commutator hervorgebracht, eintreten, sondern auch sogar die Strommessungen gar nicht mehr zulässig werden, wenn man nicht den Commutator beständig in ge-

hörigem Zustande zu erhalten sucht. Diesen Uebelstand zeigen auch manche andere der mir bekannt gewordenen Commutatoren. — Ein unter allen Umständen für brauchbare Strommessungen dienendes einfaches Instrument ist in *Fig. 159* abgebildet, wie es von oben angesehen (bei orthogonaler Projection) erscheint.

(*Beiläufig wirklicher Grösse.*)

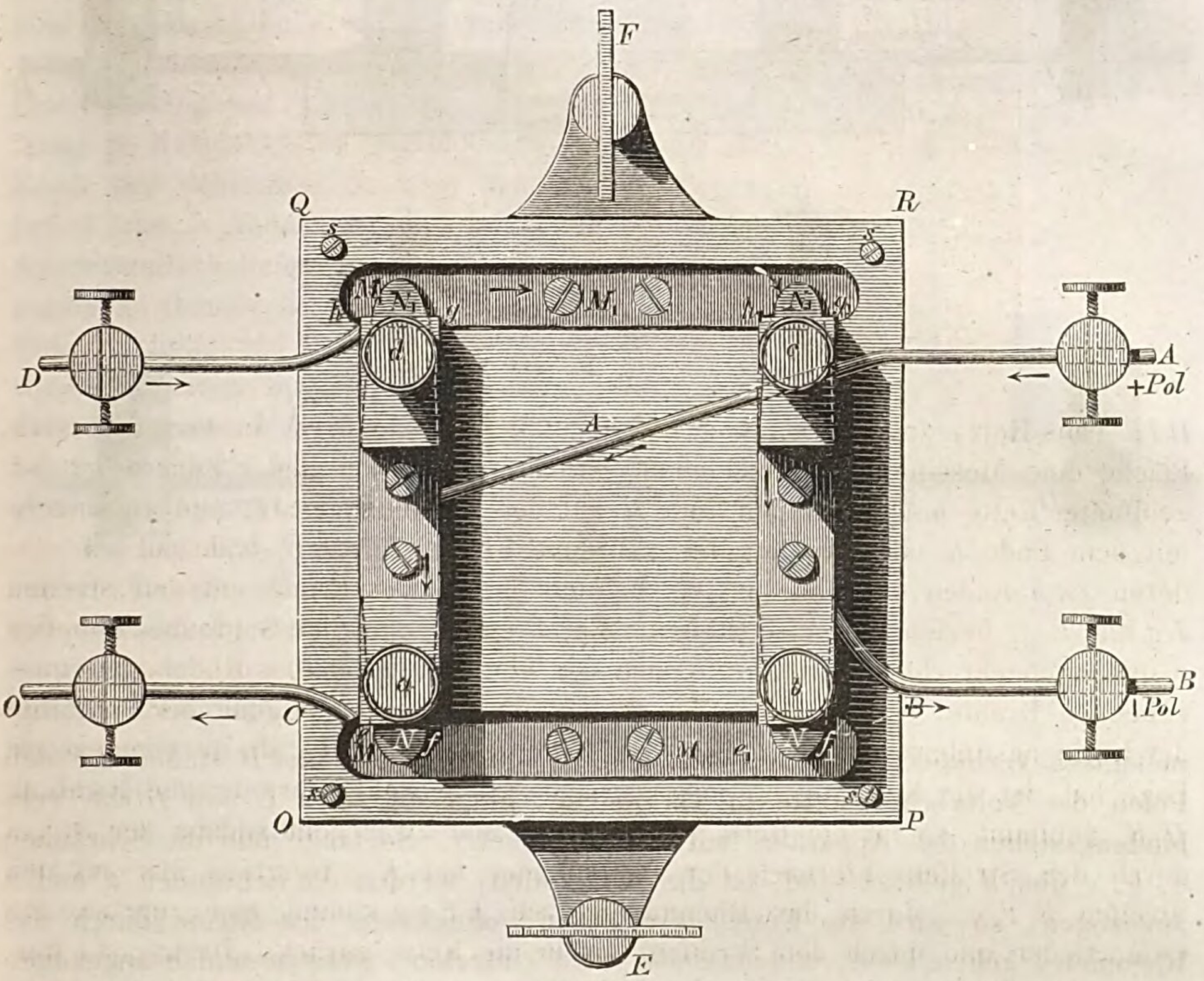


Fig. 159.

Auf einem Brettchen sind die Metallklötzchen *efgh* und $e_1 f_1 g_1 h_1$ in der angegebenen Weise befestiget, und unterhalb eines jeden desselben ist ein federnder Streifen aus Messing (oder Kupfer) angelöthet, von welchen die Enden bei N und N_1 sichtbar sind. Unterhalb dieser Federn sind vertieft in das Brettchen die beiden Streifen MM und $M_1 M_1$ aus Messing (oder Kupfer) eingelassen, und mit diesem in der angegebenen Weise verbunden. Mit diesen Streifen können die Federn N, N_1 in metallischen Contact gebracht werden, sobald man die Schrauben a, b, c und d (*Figg. 159* und *160*, S. 400) anzieht; beim Lüften dieser Schrauben gehen die Federn NN_1 wieder in ihre erste Lage zurück (wie diess bei b und d, *Fig. 160*, sichtbar ist), und die metallische Verbindung der Klötzchen mit den Streifen MN und $M_1 N_1$ ist dann wieder aufgehoben. Mit dem Messingklötzchen *efgh* ist der Draht A, mit dem Klötzchen $e_1 f_1 g_1 h_1$ der Draht B, mit dem Streifen MM der Draht C und mit dem Streifen $M_1 M_1$ der Draht D

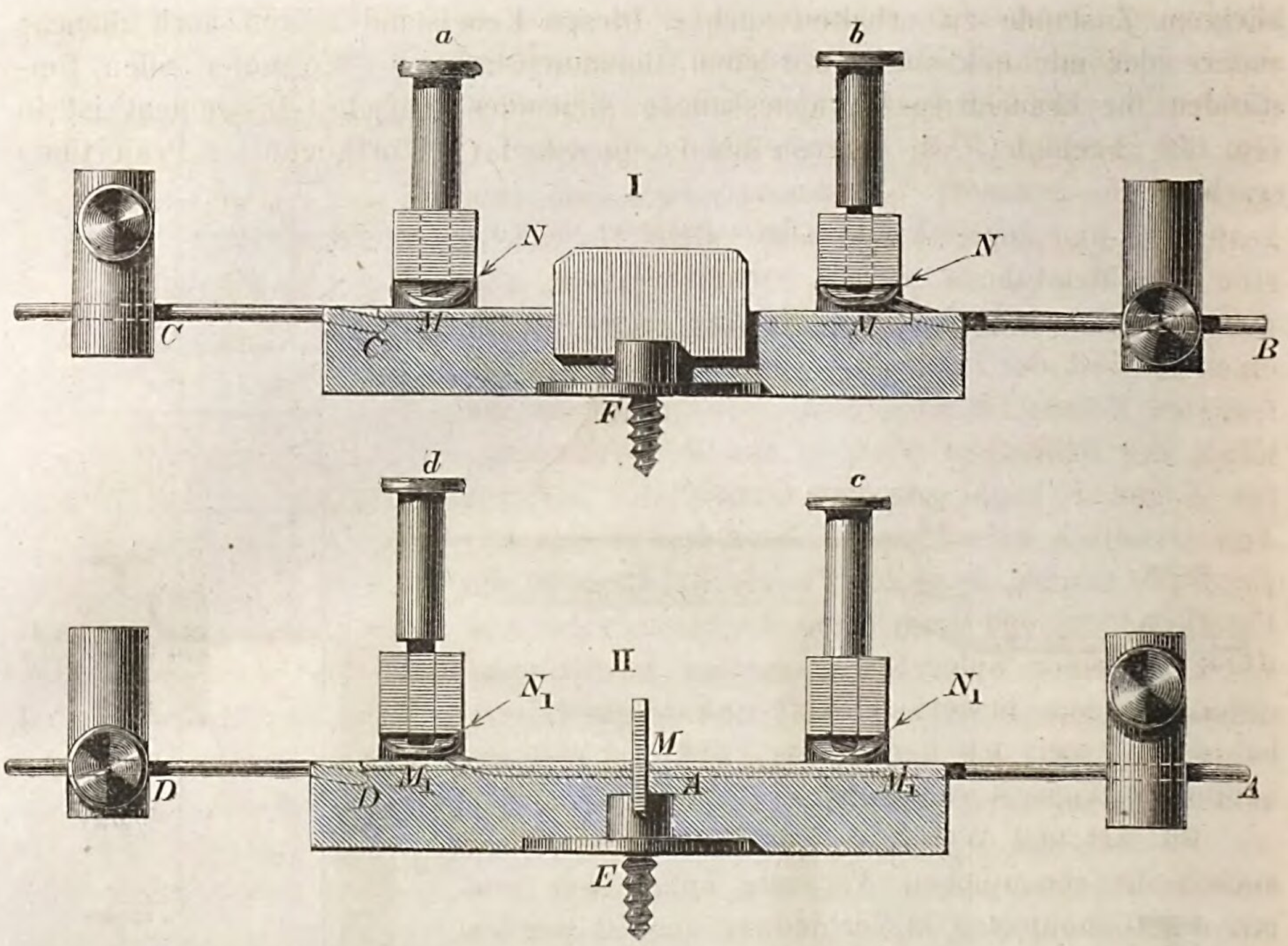


Fig. 160.

metallisch verbunden. Nehmen wir nun an, die Drähte *A* und *B* stehen mit den Polen der Volta'schen Kette in Verbindung, hingegen seien *C* und *D* die Verbindungsstellen des Apparates mit dem Rheometer. So lange nun die Schrauben *a*, *b*, *c* und *d* gelüftet sind, ist die Kette offen; werden die Schrauben *a* und *b* angezogen, so wird die Kette geschlossen, ohne dass der Strom durch das Rheometer gehen kann, und dasselbe wird eintreten, wenn *d* und *c* angezogen werden. Diese Stellungen der Federn N, N_1 werden also nicht zur Benutzung kommen. Wenn man hingegen je zwei der in einer Diagonale (des Rechteckes NN_1) liegenden Schrauben anzieht, während die beiden anderen gelüftet bleiben, so wird die Kette durch das Rheometer geschlossen, und die Stromrichtung kann dann nach Willkür umgekehrt werden. Wenn wir z. B. die Schrauben *a* und *c* anziehen, während *b* und *d* gelüftet bleiben, so tritt die Feder *M* bei *a* in metallischen Contact mit *C* (*Fig. 160*, I), die Feder N_1 bei *c* in metallischen Contact mit *D* (*Fig. 160*, II), während N_1 bei *d* und *N* bei *b* mit den Streifen $M_1 M_1$ und MM nicht in Verbindung stehen. Bei der nun getroffenen Anordnung, wie sie in I, *Fig. 160*, von *OP* aus gesehen, in II, *Fig. 160*, von *QR* aus gesehen, erscheint, wird sohin die Stromesrichtung die folgende sein: von *A* aus nach der Richtung der Pfeile zu *ef* nach *M* und *C* gegen *D* nach $M_1 M_1$ und N_1 bei $h_1 g_1$ nach *B* in die Kette zurück. Werden die Schrauben *a* und *c* gelüftet, hingegen *b* und *d* angezogen, so geht der Strom von *A* gegen *D* hin etc. und hat also sodann im Rheometer die entgegengesetzte der vorigen

Bewegung. Da man die Schrauben *a*, *b*, *c* und *d* so stark anziehen kann, dass unter allen Umständen ein sicherer metallischer Contact zwischen den Klötzchen und den Streifen $M_1 M_1$ herzustellen im Stande ist, so wird die genannte Verbindungsweise stets eine gesicherte und ausreichende sein. Beim Gebrauche sind alle Metalltheile in den vertieften Raum von *OPQR* versenkt, und der Apparat wird durch einen mittelst der Schrauben *s*, *s* an demselben befestigten Holzdeckel so verschlossen, dass nur die Köpfe der Schrauben *a*, *b*, *c* und *d* hervorragen; bei *E* und *F* kann man den Commutator auf den Apparatentisch befestigen. — Nach dem diesem Apparate zu Grunde liegenden Princip hat LAMONT die Unterbrechung und Umkehrung des Stromes bei Anwendung seines Spiegelgalvanometers zu Stromesuntersuchungen bewerkstelliget, und jenes Princip benutzend, habe ich den in *Figg. 159* und *160* abgebildeten Apparat construirt.

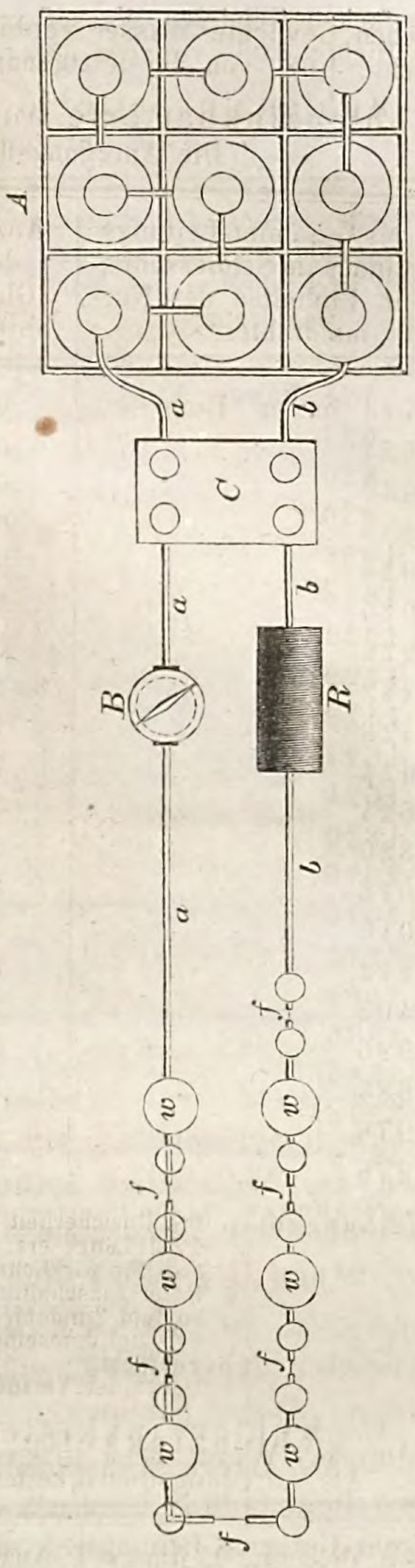


Fig. 161.

Die Art und Weise, wie nun bei meinen Versuchen die sämmtlichen Apparate unter sich und mit den Glühobjecten in Verbindung gesetzt werden konnten, ist aus dem in *Fig. 161* angegebenen Schema ersichtlich. Hierin bedeutet nämlich *A*, *A* die Stromquelle, *B* die Boussole, *C* den Commutator, *R* den Rheostaten, *f*, *f* etc. sind die Glühobjecte, *a*, *b* etc. bedeuten die Verbindungsdrähte aus Kupfer.

In den folgenden Tabellen habe ich einige Versuchsresultate zusammengestellt, die ich in der oben erwähnten Abhandlung schon benutzt habe, um daraus einige Ergebnisse für die vortheilhafteste Combination von Ketten, die für Zündzwecke angewendet werden sollen, abzuleiten.

A. Kohlenzinkkette, aus drei zweifachen Elementen zusammengesetzt.

Länge des Gesammtwiderstandes im Schliessungsleiter in Einheiten des Normaldrahtes.	Anzahl der Glühobjecte.	Beschaffenheit des Glühens.	Angaben der Boussole.
232 bayer. Fuss.	4	Rothglühen.	—
232 ,, ,,	3	Fast Weissglühen.	14°,0
428 ,, ,,	3	Hellrothglühen.	13,7
634 ,, ,,	2	Fast Weissglühen.	—

(Die Zinkzellen waren mit einem Schwefelsäurehydrat aus 1 Theil concentrirter Schwefelsäure und 20 Theilen Wasser, die Kohlenzellen wurden mit Schwefelsäure, die mit dem

zehnfachen Gewichte Wasser verdünnt war, angeregt. Von der erstgenannten Säure betrug die Dichte 1,08, von der letztgenannten war die Dichte 1,166.)

B. Kohlenzinkbatterie aus sechs einf. Elementen zusammengesetzt.
(Die Anregungsflüssigkeiten sind die vorigen geblieben.)

Länge des Gesammt-Leitungswiderstandes im Schliessungsbogen in Einheiten des Normaldrahtes.	Anzahl der Glühobjecte.	Beschaffenheit des Glühens.	Bemerkungen.
428 bayer. Fuss.	6	Fast Weissglühen.	
634 ,, ,,	6	Hellrothglühen.	
830 ,, ,,	6	Rothglühen.	Nicht mehr sicher.
830 ,, ,,	5	Hellrothglühen.	
1026 ,, ,,	5	Rothglühen.	
1026 ,, ,,	4	Fast Weissglühen.	
1222 ,, ,,	5	Rothglühen.	Unsicher.
1222 ,, ,,	4	Hellrothglühen.	
1428 ,, ,,	4	Hellrothglühen.	
1624 ,, ,,	4	Rothglühen.	
1624 ,, ,,	3	Fast Weissglühen.	
1820 ,, ,,	3	Hellrothglühen.	
2016 ,, ,,	2	Hellrothglühen.	
2016 ,, ,,	3	Rothglühen.	Unsicher.
2212 ,, ,,	2	Hellrothglühen.	
2408 ,, ,,	2	Starkes Rothglühen.	
2996 ,, ,,	2	Starkes Rothglühen.	
3584 ,, ,,	2	Rothglühen.	
3976 ,, ,,	2	Schwaches Rothgl.	
3976 ,, ,,	1	Fast Weissglühen.	

Anmerkungen. 1. Die Unsicherheit des Glühens bestand nämlich darin, dass die kürzeren Glühdrähte von 1 Zoll Länge erst etwas später zum Glühen kamen, als jene von 1¼ Zoll Länge, weshalb also für wirkliche Zündungen die zugehörigen Daten unbenutzt bleiben müssten.

2. Unter Einschaltung eines Gesammtwiderstandes von 1398 Fuss Normaldraht wurden die an fünf Zündobjecten angebrachten Pulverquantitäten innerhalb etwa ½ Sekunde gezündet; bei demselben Widerstande wurden aber vier Objecte ganz gleichzeitig zur Explosion gebracht.

3. Dauer der Versuche: 3 Stunden.

C. Kohlenzinkkette, aus zehn Elementen zusammengesetzt.
(Als Anregungsflüssigkeiten wurden dieselben Gemische, wie vorher, benutzt.)

Länge d. Gesammt-Leitungswiderstand. im Schliessungsbogen in Einheiten des Normaldrahtes.	Anzahl der Glühobjecte.	Beschaffenheit des Glühens.	Angaben der Boussole.	Bemerkungen.
1026 bayer. Fuss.	6	Hellrothglühen.	13,3	Temperatur des Erwärmungswassers: 35⁰,0 R.
1222 ,, ,,	6	Schwaches Rothgl.	12,0	
1222 ,, ,,	5	Hellrothglühen.	13,5	
1222 ,, ,,	4	Weissglühen.	14,2	
1428 ,, ,,	4	Hellrothglühen.	13,9	
1624 ,, ,,	4	Hellrothglühen.	13,5	
1820 ,, ,,	4	Rothglühen.	12,4	
1820 ,, ,,	3	Weissglühen.	14,1	
2016 ,, ,,	3	Stark hellroth.	13,7	

Länge d. Gesammt-Leitungswiderstandes etc. etc.	Anzahl etc.	Beschaffenheit des Glühens.	Angaben etc.	Bemerkungen.
2212 bayer. Fuss.	3	Starkes Rothglühen.	13,2	
2408 ,, ,,	3	Rothglühen.	12,9	28°,0 R.
2604 ,, ,,	3	Rothglühen.	. . .	
2800 ,, ,,	3	Schwaches Glühen.	12,0	
2800 ,, ,,	2	Weissglühen.	14,2	
2996 ,, ,,	2	Fast Weissglühen.	13,0	
3192 ,, ,,	2	Fast hellroth.	12,7	
3388 ,, ,,	2	Rothglühen.	12,2	(Unsicher.)
3584 ,, ,,	2	Schwaches Glühen.	11,9	
3584 ,, ,,	1	Fast Weissglühen.	13,5	
3976 ,, ,,	1	Stark hellroth.	11,8	
4172 ,, ,,	1	Rothglühen.	11,0	25°,0 R.

Anmerkungen. 1. Unter Einschaltung eines Gesammtwiderstandes von 1398 Fuss Normaldraht wurde wieder jeder Draht mit einer kleinen Pulverquantität umgeben; hiebei wurden sechs Objecte innerhalb einer Sekunde, fünf beiläufig innerhalb ½ Sekunde, vier Objecte aber gleichzeitig gezündet.

2. Zu den zehn Elementen der obigen Kette wurden noch zwei von derselben Gattung gebracht, so dass die Kette aus zwölf Elementen zusammengesetzt war. Mit dieser Kette wurden bei Einschaltung eines Gesammtwiderstandes von 1916 Fuss Normaldraht fünf Objecte gleichzeitig gezündet.

3. Dauer der Versuche: 3 Stunden.

D. Kupferzinkkette, aus zwölf Elementen zusammengesetzt.

(Die Dichte der verdünnten Schwefelsäure in den Kupferzellen war 1,185, die Dichte der Säure in den Zinkzellen 1,0765 bei 12 bis 15° R.)

Länge des Gesammt-Leitungswiderstandes im Schliessungsbogen in Einheiten des Normaldrahtes.	Anzahl der Glühobjecte.	Beschaffenheit des Glühens.	Angaben der Boussole.
1026 bayer. Fuss.	6	Hellrothglühen.	11°,0
1428 ,, ,,	6	Hellrothglühen.	10,8
1624 ,, ,,	6	Starkes Rothglühen.	10,5
2016 ,, ,,	5	Hellrothglühen.	—
2408 ,, ,,	5	Rothglühen.	10,0
2408 ,, ,,	4	Weissglühen.	—
2800 ,, ,,	5	Rothglühen.	—
2800 ,, ,,	4	Hellrothglühen.	—
3192 ,, ,,	4	Rothglühen.	10,0
3192 ,, ,,	3	Weissglühen.	—
3584 ,, ,,	4	Schwaches Rothglühen.	—
3976 ,, ,,	3	Hellrothglühen.	9,7
4368 ,, ,,	3	Rothglühen.	9,3
4760 ,, ,,	3	Rothglühen.	9,0
5152 ,, ,,	2	Rothglühen.	—
5544 ,, ,,	2	Schwaches Rothglühen.	—
5544 ,, ,,	1	Hellrothglühen.	—
5936 ,, ,,	2	Schwaches Rothglühen.	—
5936 ,, ,,	1	Hellrothglühen.	—
6328 ,, ,,	1	Hellrothglühen.	—
6524 ,, ,,	1	Rothglühen.	8,0
6720 ,, ,,	1	Schwaches Glühen.	—

(Dauer der Versuche: 4 Stunden.)

§. 71. Folgerungen, welche aus den im Vorstehenden erwähnten Versuchen gezogen werden dürfen.

Aehnliche Versuche, wie sie hier beschrieben worden sind, wurden nicht bloss mit den genannten Combinationen mehr gemacht, als die vorstehenden Tabellen enthalten, sondern es wurden auch solche mit Kupferzinkketten der oben beschriebenen Anordnung, aus *6*, *8*, *15*, *16*, *18*, *20* und *24* Elementen zusammengesetzt, angestellt, und wir werden von den dabei erhaltenen Resultaten, ohne dieselben weiter aufzuführen, unten einige Anwendung machen.

Was die Anstellung der Versuche betrifft, so wurde dabei vorsichtig genug verfahren, um aus den erhaltenen Angaben einige Schlüsse ziehen zu dürfen. Vor allem wurde der Glühzustand nur für den Moment angegeben, in welchem die Kette geschlossen wurde, nicht aber der während geschlossener Kette auftretende. Schliesst man nämlich die Kette, und es tritt dabei ein hoher Glühgrad ein, so begegnet man dem Uebelstand, dass unter Anwendung so dünner Platindrähte, wie es hier der Fall war, das Abschmelzen des Drahtes beginnt, wenn der Strom auch nur durch 1 bis $1\frac{1}{2}$ Sekunden wirksam ist; es geschieht diess immer, wenn der Glühgrad dem starken Hellrothglühen oder dem Weissglühen nahe kömmt. Für so hohe Glühgrade ist daher auch das Ablesen der Angaben eines nur einigermassen empfindlichen Rheometers sehr schwierig und mit Unsicherheiten verbunden. Ist aber der Glühgrad ein niedriger, liegt derselbe nämlich zwischen dem Hellrothglühen und dem Schwachglühen, so wird derselbe bei andauernd geschlossener Kette nach und nach immer schwächer, und kann dabei sogar nach 2 bis 3 Sekunden ganz aufhören. Der Grund dieser letzteren Erscheinung liegt sehr nahe. Im Augenblicke des Schliessens der Kette tritt nämlich, wenn diese in gehörigem Zustande sich befindet, immer ein gewisser dem Strom entsprechender Glühzustand in dem Objecte ein; dauert aber die durch den Strom in dem dünnen Drahte erzeugte Erwärmung durch einige Zeit an, so wird dieser durch den Einfluss des umgebenden Mittels sowohl, als auch durch Wärmemittheilung an die mit demselben metallisch vereinigten dickeren Drähte so grosse Wärmeverluste erfahren, dass das Hellrothglühen in Rothglühen, und dieses in Schwachglühen übergeht, oder dass sogar die örtliche starke Erwärmung noch viel bedeutender vermindert werden kann. Diese Schwächungen treten auch wirklich zuerst an den Enden des Platindrahtes, und erst später in der Mitte des letzteren ein. Um diesen bedeutenden Hindernissen, welche den Beobachtungen sich entgegenstellen, zu begegnen, wurden für jeden einzelnen Versuch vier Ablesungen des Rheometers bei verschiedenen Stromrichtungen, unmittelbar nach dem Schliessen der Kette vorgenommen, und das Mittel derselben jedesmal als ein Versuchsresultat angenommen. Da die Untersuchungen für praktische Zwecke vorgenommen worden sind, so war es nothwendig, auf diejenigen Resultate besondere Rücksicht zu nehmen, die unter den ungünstigsten Umständen erhalten wurden. Es wurden daher insbesondere jene Resultate hervorgehoben, die unter Benutzung von schon öfters gebrauchten Thonzellen, von abgenutzter Säure etc. sich ergaben; man kann daher in allen den Fällen, wo unter Anwendung einer im besten Zustande sich befindenden

Batterie die Versuche ausgeführt werden, noch günstigere Resultate erhalten, wie die, von denen wir hier Gebrauch machen.

Betrachtet man nun die in den obigen Tabellen enthaltenen Resultate (und berücksichtiget bei den Erörterungen, dass die Summe aller Widerstände in dem Glühapparate vor dem Glühen, oder im Augenblicke der ersten Glüherscheinung, die beim momentanen Schliessen der Kette sich kundgibt, gleich *96* bayer. Fuss des Normaldrahtes der Gesammtlänge des Schliessungsleiters betrug), so lassen sich aus denselben die nachstehenden Folgerungen ziehen:

1. Jedem Glühzustande entspricht eine bestimmte Stromstärke. Soll daher durch eine Kette von gegebener Zusammensetzung eine beabsichtigte Glühwirkung hervorgebracht werden, so muss diese Batterie die der Glühwirkung entsprechende Stromstärke zu liefern im Stande sein. Wird daher bei Einschaltung des Widerstandes W durch die Kette die verlangte Glühwirkung erzeugt, und ist W die äusserste Grenze für die der Glühwirkung entsprechende Stromstärke, so darf ein grösserer Widerstand als W, so lange die Zahl der Elemente nicht vergrössert wird, nicht eingeschaltet werden, wenn der Glühzustand des eingeschalteten Objectes nicht auf einen niedereren Grad gebracht werden soll.

So entsprechen für die oben erwähnte Kupferzinkkette aus 10 Elementen dem Zustande des Hellrothglühens die folgenden Stromstärken:

	Eingeschalteter Widerstand.	Zahl der Objecte.	Angaben der Boussole.
a.	96′ + 926′	6	13°,3
b.	96 + 1122	5	13,5
c.	96 + 1420	4	13,5
d.	96 + 2112	3	13,7
e.	96 + 3092	2	13,0
		Im Mittel:	13°,67

Dem Zustande des Rothglühens entsprechen:

	Eingeschalteter Widerstand.	Zahl der Objecte.	Angaben der Boussole.
f.	96′ + 1122′	6	12°,0
g.	96 + 1720	4	12,4
h.	96 + 2308	3	12,9
i.	96 + 3288	2	12,2
		Mittel:	12°,4

Hat man also für eine und dieselbe Kette die Stromstärke ermittelt, welche bei einem bestimmten Leitungswiderstande des Schliessungsbogens den Zustand des Hellroth- (resp. des Roth-) Glühens an zwei Objecten zu erzeugen vermag, so kann man diejenigen Widerstände leicht berechnen, die eingeschaltet werden dürfen, damit noch *3*, *4*, *5* und *6* Objecte in den hellroth (resp. in roth) glühenden Zustand versetzt werden können.

2. Vergleicht man sowohl in den Reihen *a* bis *e*, als auch in jenen *f* bis *i* die reducirten Längen des Schliessungsleiters mit der zugehörigen Anzahl der Objecte, so findet man eine so genügende Uebereinstimmung je zwei zusammengehöriger Quotienten, dass man die Folgerung machen darf: „Wenn durch eine und dieselbe Batterie mehrere gleichzeitige Zündungen vorgenommen werden

sollen, so werden die günstigsten Umstände für jeden Glühgrad eintreten, wenn die Zahl der Zündobjecte sich ebenso zu einander verhalten, wie die reducirten Längen der zugehörigen Schliessungsleiter sich verkehrt verhalten". Kennt man daher die Entfernung des Minenheerdes vom Minenofen, bei welcher zwei Objecte, die in einer bekannten Distanz von einander liegen und durch Kupferdraht etc. unter einander verbunden sind, gezündet werden, so lässt sich die Distanz des Heerdes vom Ofen leicht angeben, in welcher man mit derselben Batterie noch *5* bis *6* Objecte zu zünden im Stande ist.

3. Zum Zünden eines einzigen Objectes ist eine weit geringere Stromstärke nothwendig, als zum gleichzeitigen Zünden mehrerer Objecte. Ein im Rothglühen, und selbst im schwachen Glühen befindlicher Platindraht kann nämlich eine leicht entzündbare und trockene Zündmasse mit Sicherheit zur Explosion bringen, während das gleichzeitige Zünden mehrerer Objecte mit Sicherheit nur im Zustande des Hellrothglühens erfolgt.

4. Unter Anwendung der genannten Kupferzinkbatterie, wenn diese nur aus *10* Elementen zusammengesetzt ist, können mit Sicherheit folgende Zündungen ausgeführt werden:

A.

Distanz (*D*) des Minenheerdes vom Ofen. Bayer. Fuss.	Par. Fuss.	Zahl der Objecte.
2000	1797	1
1500	1348	2
1000	899	3
800	719	4
600	539	5
450	404	6

Ist die Batterie aus 12 Elementen zusammengesetzt, so erhält man mit Sicherheit:

B.

D Bayer. Fuss.	Par. Fuss.	Zahl der Objecte.
3300	2965	1
2500	2246	2
2000	1797	3
1400	1258	4
1100	988	5
800	749	6

Bei der Zusammenstellung der in A. und B. enthaltenen Zahlen ist angenommen worden, dass *D* die Hälfte der reducirten Länge des ganzen Schliessungsbogens der Batterie in Einheiten eines Kupferdrahtes von 1 bayer. Decimallinie (1,29 Par. Linien) Dicke sei. Benutzt man aber statt der unteren Leitung die zwischen Heerd und Object befindliche Endstrecke, so dürften unter denselben Umständen die Entfernungen noch viel grösser genommen werden, als die hier angegebenen, ohne dass die Sicherheit der Zündung beeinträchtiget wird.

5. Stellt man endlich auch die Ergebnisse der Tabellen Lit. A. und B. des vorigen Paragraphen zusammen, so erhält man Folgendes:

C. Kohlenzinkbatterie aus drei zweifachen Elementen:

D Bayer. Fuss.	Zahl der Objecte.
350 (beiläufig)	2
250	3
150	4

D. Kohlenzinkbatterie, aus sechs einfachen Elementen zusammengesetzt:

D Bayer. Fuss.	Zahl der Objecte.
2200 (beiläufig)	1
1250	2
930	3
750	4
500	5
400 (beiläufig)	6

Vergleicht man die Reihen C. und D. unter sich, so zeigen dieselben, dass unter den hier in Rede stehenden Umständen die Grösse der Oberfläche der Batterie einen weit geringeren Einfluss auf die Glühwirkung in Drähten ausübt, wie die Zahl der zur Batterie benutzten Zellen. Dasselbe ergibt sich auch, wenn man diese Reihen mit denen in A. und B. vergleicht; aber es geht aus dieser letzteren Vergleichung noch ausserdem hervor, dass eine Kupferzinkbatterie der oben erwähnten Einrichtung aus 10 Elementen bei viel geringerer Oberfläche dieselben und sogar noch stärkere Wärmewirkungen hervorzubringen vermag, wie die genannte Kohlenbatterie aus 6 Elementen, selbst wenn die Umstände, welche auf die stromverändernden Einflüsse einwirken, bei jener ungünstiger sind, als bei dieser. In diesen Fällen kömmt also die Leistung einer Kupferzinkbatterie der obigen Art der einer gut construirten Kohlenzinkbatterie sehr nahe.

Die bisher angegebenen Resultate können als ganz sichere Anhaltspunkte für die Praxis benutzt werden, um die Anlegung einer Minenzündung darauf zu basiren, denn sie sind unter viel ungünstigeren Umständen erlangt worden, als die Versuche bei der wirklichen Ausführung sie bedingen. So wurden — abgesehen von anderen schon erwähnten Umständen — stets dieselben Platindrähte für eine grössere Reihe von Versuchen benutzt; wenn aber ein Platindraht einmal durch den Strom zum Glühen gebracht worden ist, so leistet er bei jedem folgenden Glühen nicht mehr denselben Widerstand wie vorher: es wären daher sicher die Glüherscheinungen noch günstiger als bei obigen Versuchen zum Vorschein gekommen, wenn für jeden Versuch neue Platindrähte benutzt worden wären. In der Praxis kömmt aber nur letzteres vor, da bei einmaligem Glühen des Drahtes schon die beabsichtigte Wirkung erfolgen muss. Ferner bemerke ich, dass ich unter den für den Neusilberdraht des oben beschriebenen Rheostaten gefundenen Werthen des specifischen Leitungswiderstandes den kleinsten wählte, der sich bei Untersuchung verschiedener Drahtstücke und Drahtlängen unter sonst gleichen Umständen ergab, so dass auch aus diesem Grunde die

angegebene Länge der Leitung für eine auszuführende Zündung als maassgebend angenommen werden darf.

Die bisher geführten Erörterungen reichen ausserdem auch aus, um zu zeigen, wie man vor einer vorzunehmenden Zündung die Leistungen einer gegebenen Batterie, die von der hier benutzten verschieden ist, untersuchen kann, um so für jeden gegebenen Fall über die einzurichtende Combination die gehörigen Aufschlüsse ermitteln zu können. — Ich gebe nunmehr im Nachstehenden die Hauptresultate meiner Untersuchungen mit mehreren Combinationen meiner Kupferzinkbatterie für die Zündung von Sprengladungen, und bemerke, dass dieselben als die geringsten Leistungen der genannten Kette in Beziehung auf Glühwirkungen angesehen werden dürfen, wenn die Kette vor ihrem Gebrauche in den besten Zustand versetzt worden ist. Die Dichte der für die Zinkzellen benutzten Säure war bloss zwischen 1,06 und 1,09, die der verdünnten Schwefelsäure für die Kupferzellen betrug zwischen 1,166 und 1,20.

Anordnung von Volta'schen Combinationen zur gleichzeitigen Zündung von Minenöfen auf verschiedene Entfernungen, diese in Fussen eines Kupferdrahtes (der oben erwähnten Art) von einer Linie Dicke in bayer. Maasse.

Zahl der Zellen.	Gesammtlänge der Leitung für						Grösste Distanz des Minenheerdes vom Minenofen für die Zündung von einem Objecte.
	1	2	3	4	5	6	
	Objecte.						
	'	'	'	'	'	'	'
6	1318	400	(270)	(200)	(160)	(130)	680
8	1710	700	(470)	(350)	(280)	(230)	860
10	4100	3000	2000	1600	1200	900	2100
12	6600	5000	4000	2800	2200	1600	3400
15	8300	7000	5800	(3900)	(3150)	3000	4200
16	8400	7000	5800	(3900)	(3200)	3000	4300
20	9800	8100 bis 8200	6650	5700	5350	3300	5000
24	10500	9500	7000	—	—	4000	6500

(Die einklammirten Zahlen sind durch Interpolation erhalten worden.)

§. 72. Ausführung von Zündungen mittelst Volta'scher Batterien auf bedeutend grosse Entfernungen.

Aus der vorstehenden Tabelle ersehen wir, dass man selbst auf bedeutende Entfernungen unter Anwendung der Kupferzinkbatterie Zündungen ausführen kann, ohne dass hiebei die Zahl der Zellen eine zu grosse zu werden braucht. Für die meisten Fälle, wie sie in der Praxis vorkommen, nämlich für solche, bei welchen die Distanz des Heerdes vom Minenofen unter 1000 Fuss beträgt, reicht man mit Batterien aus, die aus höchstens 12 Elementen zusammengesetzt sind. Da ferner die Zahl der Objecte, welche man gleichzeitig zur Ex-

plosion bringen will, selten mehr als drei ist, so wird in der Regel eine noch kleinere Batterie erforderlich, da man mit Sicherheit bei der Länge einer Doppelleitung von 2000 bayer. Fuss unter Anwendung einer 10paarigen Kette die Zündung von drei Objecten vorzunehmen im Stande ist.

Sollte aber es dennoch in einem oder dem anderen Falle nöthig werden, auf Distanzen noch die gleichzeitige Explosion mehrerer Minen auszuführen, die mehr als 2000 Fuss betragen, so werden die hiefür erforderlichen Batterien allerdings zu voluminös, und besonders ihrer Anwendung für Kriegszwecke dürften sich hiebei manche Hindernisse entgegensetzen. In allen derartigen Fällen kann man mit weit geringeren Stromkräften ausreichen, wenn man die zur Zündung erforderliche Einrichtung etwas abändert. Diese Abänderung möchte darin bestehen, dass man die zum Zünden zu verwendende Batterie in möglichst grosser Nähe des Minenofens anbringt, und das Schliessen derselben unter Anwendung einer hiefür geeigneten Vorrichtung mittelst einer an dem beliebig weit entfernten Heerde aufgestellten zweiten Batterie bewerkstelliget. Jene Vorrichtung kann in einem kleinen Elektromagneten mit Abreissfeder bestehen, der im Allgemeinen mit der Einrichtung eines Relaismagneten, wie solche für telegraphische Zwecke unter verschiedenen Anordnungen bekanntlich zur Verwendung kommen, Aehnlichkeit hat.

Eine Zündungseinrichtung dieser Art ist in *Fig. 162* schematisch dargestellt. Hierin bedeutet *ABCD* die zum Zünden gehörige Batterie, ihre Polenden sind bei $+P$ und $-P$. Von $-P$ geht ein Leitungsdraht nach L, von wo aus derselbe durch die daran gelötheten Drähte nach den Objecten O_1, O_2 und O_3 hin sich verzweigt. Von letzteren führen drei Zweige nach K, die hier zusammengelöthet, und durch die Leitung *KOB*... mit dem positiven Pole der Kette in Verbindung gesetzt werden können. In diese zweite Leitung ist nun die Relaisvorrichtung *MM* eingeschaltet, durch welche das Schliessen der Zündbatterie aus einer beliebigen Entfernung bewerkstelliget werden kann. Dieses

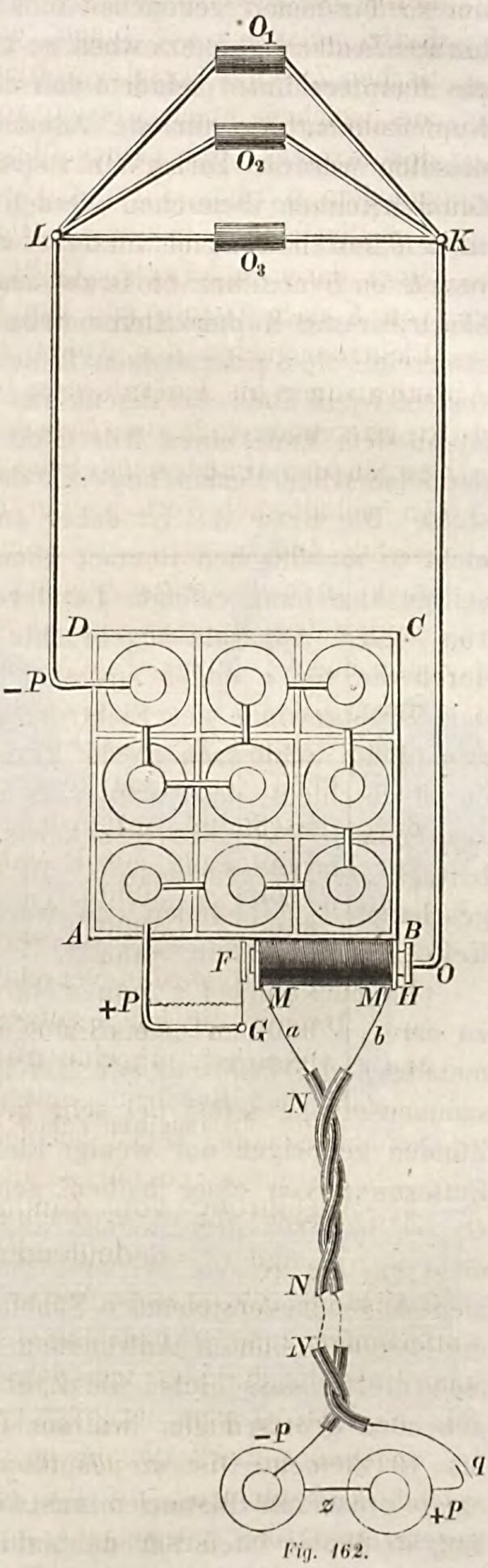


Fig. 162.

Relais besteht nämlich aus einem mit vielen von einander sorgfältig isolirten Windungen aus dünnem Kupferdraht umgebenen Eisenkern *MM*, dessen Enden bei *F* und *B* hervorragen, und wobei die Enden des auf ihn aufgewickelten Drahtes bei *a* und *b* aus den hölzernen Ringen, die über die Enden des Eisenkerns geschoben sind, austreten. Würde man *a* und *b* mit den Polen einer Kette metallisch vereinigen, so würde hierdurch der Eisenkern in den magnetischen Zustand versetzt werden, und die seinen Magnetpolen dargebotenen Anker aus weichem Eisen würden von demselben angezogen, und während der Dauer des Stromes, der seinen Magnetismus erregt, würden also beide Anker festgehalten werden. Diese Wirkung ist es nun, welche wir bei unserer vorliegenden Einrichtung benutzen. Das Ende *H* des Eisenkerns ist nämlich schon mit einer daran befestigten Platte *B* aus weichem Eisen versehen, an welche der von *K* nach *O* führende Draht angelöthet ist; während dem anderen Ende des Elektromagneten der Anker *F* aus weichem Eisen bis auf eine Distanz von etwa einer bis einer halben Linie gegenüber steht, ohne dass *F* mit dem bei *a* vortretenden Ende des Eisenkerns in metallischen Contact kömmt. Der Anker *F* ist an dem Ende eines federnden Messingstreifens angebracht, welch' letzterer in metallischer Verbindung mit dem von $+P$ nach *G* führenden Kupferdrahte steht. Die Kette *AC* ist daher so lange offen, als *F* mit dem Elektromagneten nicht in metallischen Contact kömmt, hingegen geschlossen, sobald eine gegenseitige Anziehung erfolgt. Letzteres kann nun durch eine in grosser Entfernung von diesem Apparate angebrachte Batterie *z* bewerkstelliget werden, deren Pole durch die von *a* und *b* ausgehenden und unter sich isolirten Leitungsdrähte mit dem Drahtgewinde des Elektromagneten *MM* metallisch verbunden werden können. Beim Schliessen dieser Kette *z*, was bei der vorliegenden Anordnung dadurch geschieht, dass man $+P$ mit *q* in Contact bringt, wird daher *F* mit dem zugehörigen Ende des Eisenkerns *MM* in Contact versetzt, und so die Zündbatterie *ABCD* geschlossen. Da aber in letztere die Objecte O_1, O_2, O_3 eingeschaltet sich befinden, so werden also diese in Folge des Schliessens der Kette *z* in Explosion versetzt.

Da nun die bei *z* aufgestellte Batterie bloss einen Strom von solcher Stärke zu erregen hat, um eine nur einmalige Bewegung des Ankers *F* bis zu seiner metallischen Berührung mit *MM* herstellen zu können, so werden zu deren Zusammensetzung selbst bei sehr grosser Entfernung dieser Batterie von der zum Zünden gehörigen nur wenige Elemente erforderlich sein. Würde z. B. aus einer Entfernung von einer halben geographischen Meile die Zündung der Objecte O_1, O_2 und O_3 vorgenommen werden sollen, so könnte man, da es sich hier nicht um die grösste Wirkung der Batterie *z* handelt, mit einer aus zwei Elementen zusammengesetzten Säule ausreichen, um die beabsichtigte Wirkung zu erzielen, die hier lediglich in dem Schliessen der Zündbatterie besteht. Was aber die Grösse der letzteren betrifft, so kann man dieselbe nach den vorhergehenden Erörterungen bestimmen. In keinem Falle dürften aber mehr als 6 bis 10 Elemente für die Zündbatterie nöthig sein, da man dieselbe kaum in einer grösseren Distanz als etwa 300 Fuss von dem Minenofen aufzustellen hat; in den meisten Fällen aber die Distanz kaum 200 Fuss erreichen dürfte.

§. 73. Ueber einige bei vorgenommenen Sprengungen angewendete Apparate.

Das Zünden von Sprengladungen mittelst des Volta'schen Stromes wurde zuerst von HARE [13] mit grossem Erfolg vorgenommen. HARE fand sich der vielen Unglücksfälle halber, welche die gewöhnliche Sprengmethode begleiten können, veranlasst, Untersuchungen hierüber anzustellen. In der Beschreibung seines Verfahrens bemerkt derselbe, dass er in Folge seiner Untersuchungen ein Verfahren gefunden habe, „durch welches der Sprengprocess beinahe sicherer und gefahrloser werden dürfte, als das Abfeuern einer Flinte", und dass er auf dieses Verfahren durch die Patent-Sprengmethode des M. SHAW geführt worden sei. HARE benutzte zum Sprengen von Felsen einen von ihm eigens für diesen Zweck construirten Apparat, der in einem im Schliessungsbogen eingeschalteten dünnen Eisen-, Stahl- oder Platindraht bedeutende Wärmewirkungen zu erzeugen vermag, wenn der Widerstand im Schliessungsbogen nicht gross ist. Die hiebei angewendete Kette ist nach einem ähnlichen Principe eingerichtet, wie der schon früher von HARE construirte Calorimotor [14]. Der zum Felsensprengen construirte Apparat (*Figg. 163* u. *164*) besteht aus einer Volta'schen Kupferzinkbatterie mit grosser Oberfläche, die mittelst der in *Fig. 163* angedeuteten Vorrichtung in die Anregungsflüssigkeit versenkt, und aus derselben wieder herausgehoben werden kann [15]. Ein hölzerner Kasten *1*, *2*, *3*, *4* (*Fig. 164*) ist durch ein hölzernes Zwischenstück *AB* zunächst in zwei, und durch vier Kupferplatten bei *CC* in vier Abtheilungen getheilt. Von den hier angedeuteten Platten sind, jene vier Kupferplatten eingerechnet, 20 von Kupfer und 16 von Zink, jede 12 Zoll (engl.) lang und 7 Zoll breit. Die Zinkplatten der Abtheilung *1* sind in dem Querstück *AB* mit den Kupferplatten der Abtheilung *2*, die Zinkplatten von *2* äusserlich auf der rechten Seite mit den Kupferplatten von Abtheilung *3* metallisch verbunden. Die Zinkenden dieser Abtheilung enden in dem Zinkpol *S* der rechten Seite. Die Kupferplatten von Abtheilung 1 sind auf der linken Aussenseite mit den Zinkplatten der Abtheilung *4* verbunden. Die Kupferplatten dieser Abtheilung endlich enden bei *S*, dem Kupferpol.

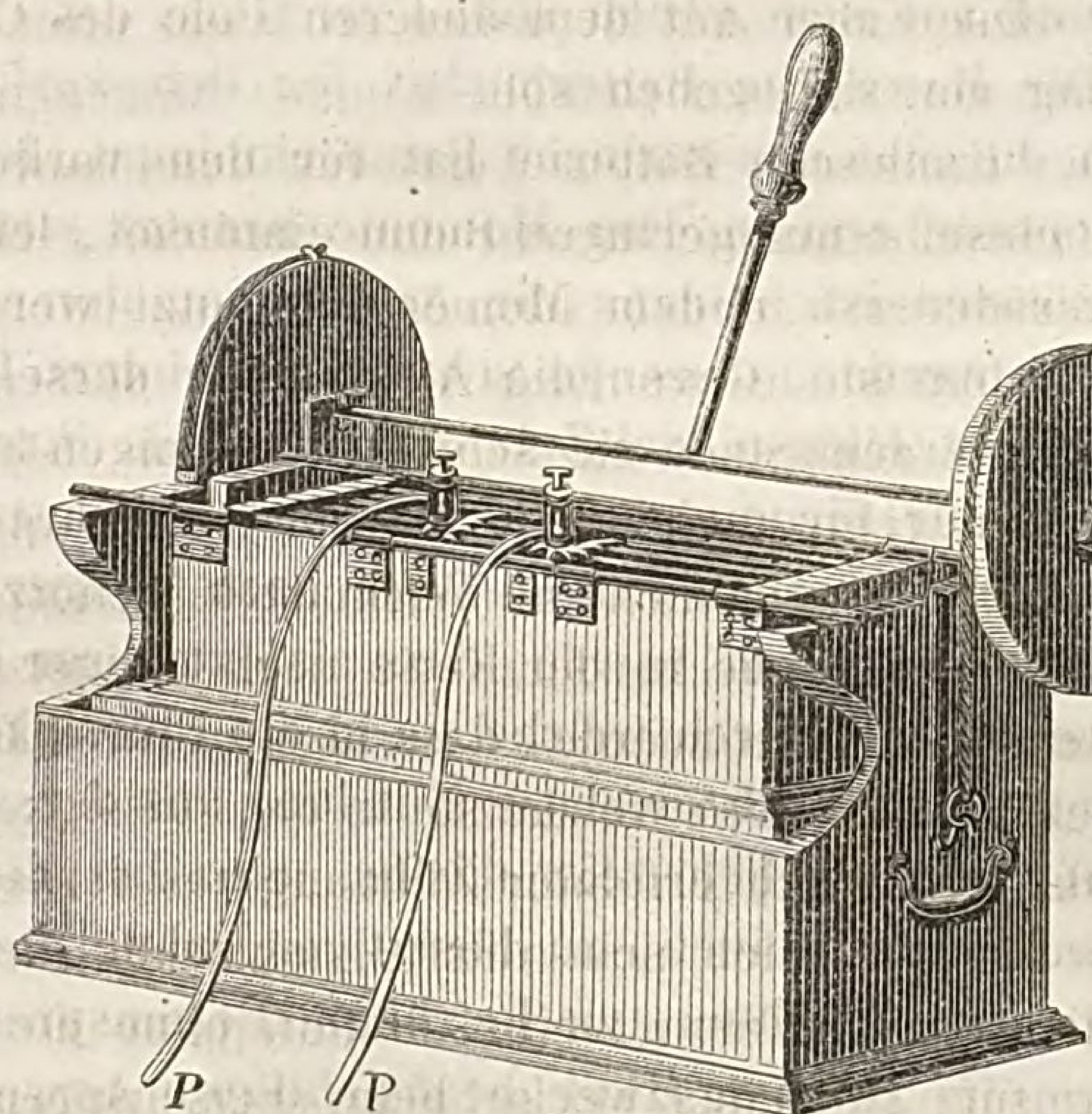


Fig. 163.

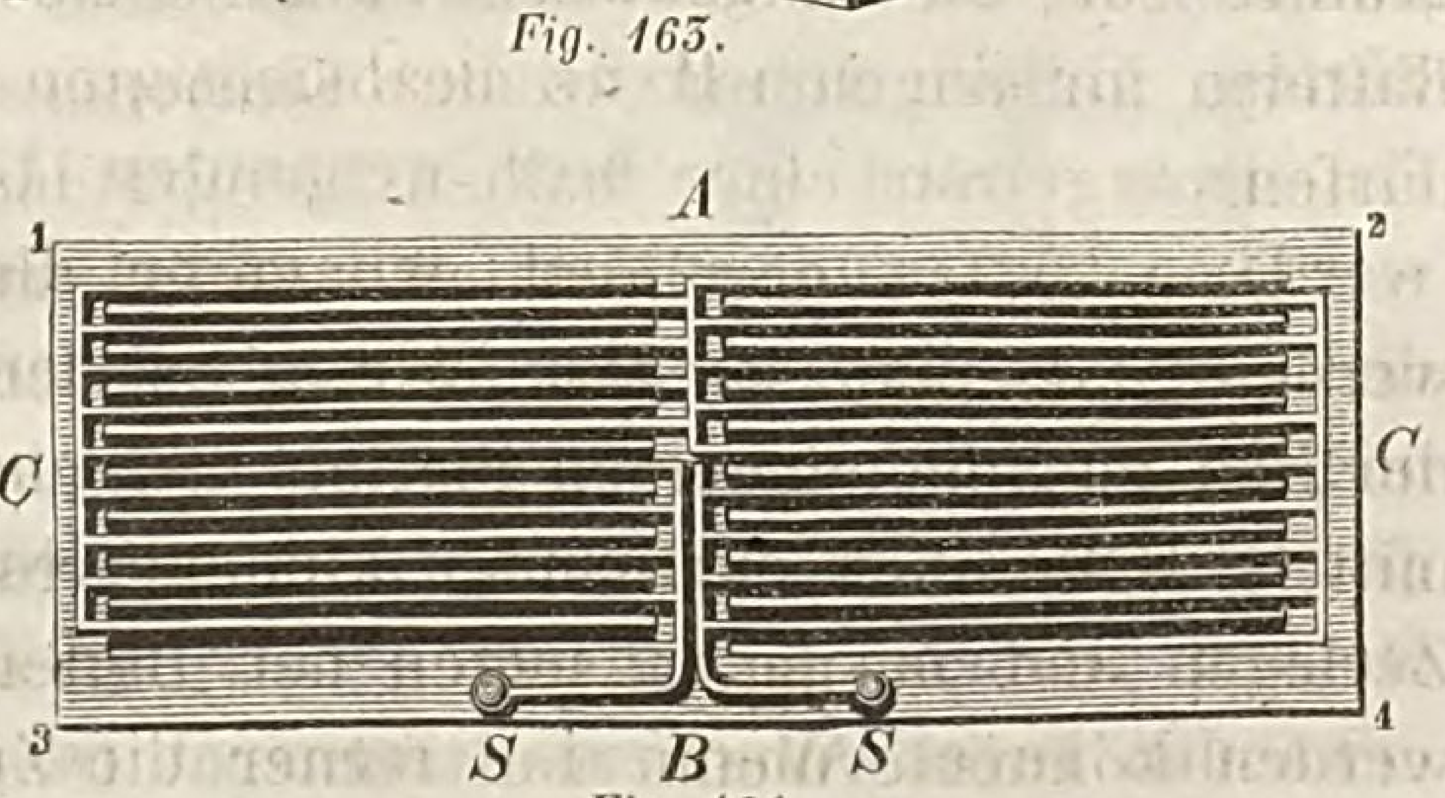


Fig. 164.

Werden die beiden Pole der Batterie mit den Enden der Patronendrähte metallisch verbunden, wird sodann der Kasten der Batterie mit der Anregungsflüssigkeit — verdünnte Schwefelsäure — bis zur gehörigen Höhe gefüllt, und durch Drehung des Hebels (*Fig. 165*) die Batterie in die Flüssigkeit versenkt, so muss, wenn die Vorbereitungen in gehöriger Weise getroffen worden sind, das Glühen des feinen im Pulver der Patrone liegenden Drahtes eintreten, und die beabsichtigte Sprengung erfolgen. Die sämmtlichen metallischen Verbindungen nimmt Hare durch unmittelbares Aneinanderklemmen mittelst passender Schrauben (*gallow-screws*) und Verlöthen mittelst Weichloth vor. Bei *S*, *S* werden die Leitungsdrähte angelöthet, und diese führen bis zum Bohrloch, wo sie mit den Enden der Patrone in Verbindung gesetzt werden. Bei mehrfachen gleichzeitigen Zündungen hat man nach Hare's Vorschlag die sämmtlichen Patronen dadurch in die Kette einzuschalten, dass man von jeder Patrone den einen aus derselben hervortretenden Draht mit einem in der Nähe der Batterie in den Boden eingesteckten (wohl von diesem isolirten) Eisenstab durch einen Leitungsdraht, den anderen aber mit einem anderen in der Nähe von *S*, *S* befindlichen Eisenstab durch eine metallische Leitung verbindet. Jener Stab wird sodann mit dem einen, dieser aber mit dem anderen Pole des Calorimotors verbunden, wenn die Zündung vor sich gehen soll.

Die Hare'sche Batterie hat für den vorliegenden Zweck grosse Vortheile, indem dieselbe nur geringen Raum einnimmt, leicht zu behandeln ist, und ausserdem gerade erst in dem Momente benutzt werden kann, wo ihre Wirksamkeit am grössten ist. Gegen die Anwendung derselben dürfte etwa die Einwendung gemacht werden, dass sie schwer zu reinigen ist, dass die Erneuerung derselben wieder fast ebenso viel Zeit erfordert, als ihre ursprüngliche Zusammensetzung, dass sie nur für momentane Wirkungen benutzt werden kann, indem durch die chemischen Vorgänge in der Kette nach einiger Zeit dieselbe in ihren Wirkungen bedeutend verlieren würde, dass also zu ihrer Benutzung eine eigene Vorrichtung nothwendig ist, durch welche sie in die Flüssigkeit im Augenblicke des Schliessens versenkt, und nach erfolgter Zündung aus derselben herausgehoben werden muss. Da es aber möglich sein dürfte, einzelne dieser Umstände, die als wirklich nachtheilig erscheinen, zu beseitigen, ohne die bedeutenden Vortheile des Deflagrators für Zündungszwecke beim Felsensprengen aufzugeben, so möchte die Batterie für die von Hare beabsichtigten Anwendungen nicht unbeachtet bleiben dürfen.

Dem ersten der hier genannten Uebelstände könnte dadurch abgeholfen werden, dass man, anstatt, wie es bei der ursprünglichen Hare'schen Einrichtung der Fall ist, die einzelnen Platten aneinander zu löthen, sie durch kupferne Bügel mittelst Schrauben aneinander klemmt; es wird bei einer solchen Anordnung das Zerlegen und Zusammensetzen der Batterie ohne Schwierigkeiten vorgenommen werden können. Wenn man ferner die Zinkplatten gut amalgiren, und dieselben etwa mit vegetabilischem Pergament oder mit Segeltuch umgeben würde, ferner die Hebelvorrichtung so einfach als nur möglich machen, oder dieselbe durch ein kleines Pumpwerk ersetzen würde, durch welches man aus einem unterhalb der Batterie angebrachten Reservoir die Flüssigkeit in jene emporsteigen lassen,

und nach der Zündung dieselbe in das tiefer liegende Reservoir zurückführen könnte, so möchte der HARE'sche Deflagrator in allen solchen Fällen, wo man aus einem oder dem anderen Grunde keine constante Batterie in Anwendung bringen kann, sehr gute Dienste leisten. HARE hat mit seinem Deflagrator in Entfernungen bis zu 130 (engl.) Fuss gleichzeitig 12 Ladungen gezündet, und bemerkt bei der Beschreibung seines Zündungsverfahrens, dass zwar jene Entfernung in allen normalen Fällen bei Felsensprengungen nicht überschritten werden dürfe, dass man aber auch, wenn man die Kosten nicht sparen wolle, eine beliebige Anzahl Ladungen mittelst einer solchen Kette auf einmal sprengen, und leicht die Anordnung treffen könne, um aus grossen Entfernungen die Zündung auszuführen.

Nachdem HARE den Weg einmal betreten [16], und gezeigt hatte, dass man bei Felsensprengungen mit Vortheil der Volta'schen Batterie sich bedienen könne, wurden sowohl für technische, als auch für militärische Zwecke vielfache Versuche für Anwendungen dieser Art vorgenommen. Auffallend bleibt es aber immer, dass man das HARE'sche Princip, die Batterien für Wärmewirkungen in geeigneter Weise ohne bedeutenden Kostenaufwand einzurichten, bis jetzt so selten in der Anwendung benutzt hat.

Mehrere Veränderungen hat ROBERTS in Glasgow, dem manche sehr wichtige Verbesserungen in der Minentechnik [17] zugeschrieben werden müssen, mit den galvanischen Batterien vorgenommen. Bei seinen ersten Versuchen bediente sich ROBERTS der Daniell'schen Batterie. Die von ihm angewandte Batterie bestand aus 10 Elementen, die in einen hölzernen wasserdichten Kasten mit wasserdichten Scheidewänden eingesetzt war. Der Kasten hatte 1 Fuss (engl.) in der Länge und einen quadratischen Boden mit 4 Zoll Seite. Die Anschaffungskosten der ganzen Batterie betrugen nur 15 Shill. (etwa 5 Thlr.), und dieselbe konnte Monate lang in diensttauglichem Zustande für einen Shilling erhalten werden. Um beim Schliessen der Kette, nämlich im Augenblicke des Zündens, jede Gefahr für den Operateur zu beseitigen, versah ROBERTS den Apparat noch mit einer Vorrichtung, wobei die Pole durch Anziehen an einer Schnur, die jede beliebige Länge haben kann, unter einander in Verbindung gebracht werden können [18].

Eine aufrechtstehende Stange *A* (*Fig. 165*) von 9 (engl.) Zoll Länge und 2 Zoll im Gevierte wird an jedem Ende des Kastens befestiget, und ein runder hölzerner Querstab *B* von 1 Zoll Durchmesser verbindet jene an ihren oberen Enden. Eine Zinnscheibe *D* von 3 bis 4 Zoll Durchmesser mit einer 1 Zoll im Durchmesser weiten Oeffnung in der Mitte wird an den Draht *z* gelöthet, der vom Zinkpole der Batterie ausgeht, und ist an der Stange *A*, vielmehr an der Stelle, wo der Querstab *B* durch

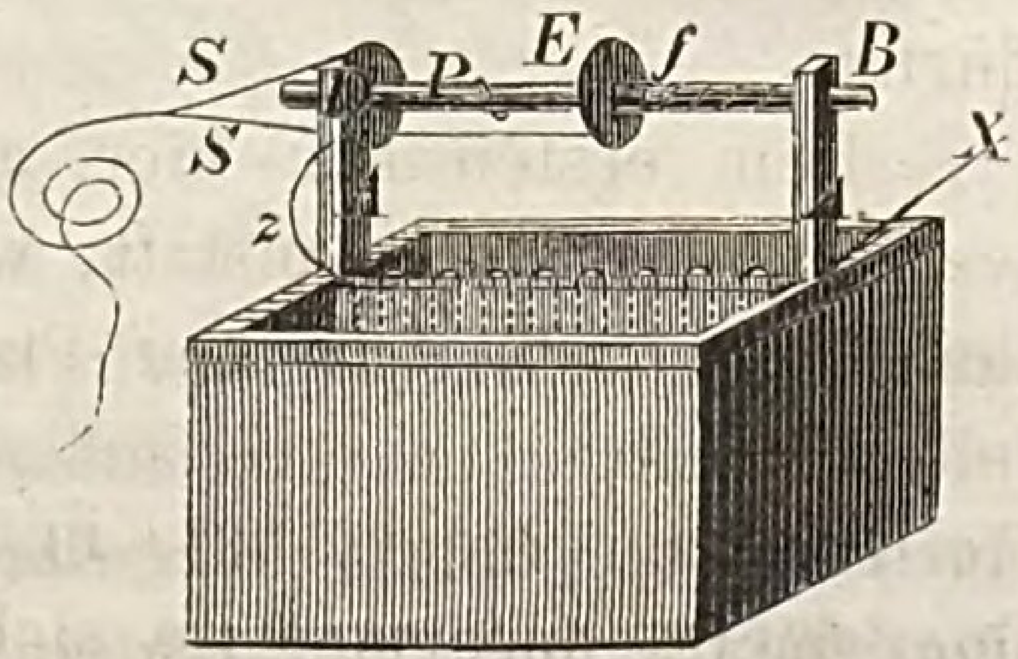


Fig. 165.

diese geht, befestiget. Eine andere Zinnscheibe *E* von derselben Grösse wie jene, kann längs des Querstabes *B* hin und her bewegt werden; ihre Oeffnung in der Mitte hat $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, und hier ist an derselben eine Zinn-

röhre von 2 Zoll Länge nach der Seite des positiven Poles hin befestiget. Diese Röhre hat bloss den Zweck, die Zinnscheibe *E* in vertikaler Lage beständig zu erhalten, während ihre Verschiebung längs des Stabes *B* durch eine elastische Feder *f*, die mit einem Ende an der Scheibe *E*, mit ihrem anderen an der Stange *A* (rechts) befestiget ist, regulirt werden kann. Die Scheibe *E* ist bestimmt, das Ende der ganzen vom Kupferpole der Batterie ausgehenden und die Patrone enthaltenden Leitung aufzunehmen; es ist daher zur weiteren Vorsicht bei *P* ein sogenannter Sicherheitsstift angebracht, der die Berührung der beiden Scheiben *D* und *E* während des Anlegens der Zündung zu verhindern hat. Als Leitung benutzt ROBERTS einen $1/_8$ Zoll dicken, stark mit gewachstem Baumwollengarn überzogenen Kupferdraht, und beide Leitungsdrähte werden aneinander gelegt und mit Zwirn umwickelt, so dass beide Drähte ein Drahtseil bilden, das zum Schutze gegen äussere Einflüsse noch mit Siegellackfirniss überzogen werden kann. An jedem der beiden Enden werden die Drähte (*Fig. 166*) etwa 1 Fuss lang nicht zusammengedreht. Die Enden des Drahtseiles werden nun einerseits mittelst einer Verbindungsschraube (*Fig. 167*) mit der (unten beschriebenen) Patrone verbunden, während an der Anfangsstelle des Seiles das eine Drahtende mit dem positiven Pole der Batterie metallisch verbunden, das andere aber an die Scheibe *E* (*Fig. 165*) gelöthet wird. Befestiget man nun an diese Scheibe eine Schnur, und zieht diese durch zwei zu diesem Zwecke in die feste Scheibe *D* gebohrte Löcher, knüpft die Enden der Schnur hinter *D* wieder zusammen, so kann man an diese Schnur ein Seil von beliebiger Länge knüpfen, durch welches, wenn dasselbe angespannt wird, die bewegliche Scheibe *E* gegen die feste Scheibe *D* bewegt werden, also die Kette geschlossen werden kann, sobald der Sicherheitsstift *P* entfernt wird. Das Schliessen der Batterie, also die Ausführung der Zündung kann also, wie aus



Fig. 166.

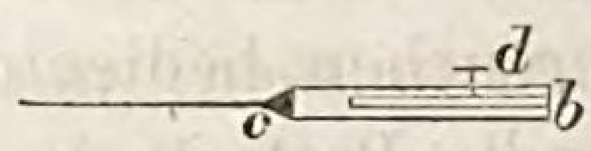


Fig. 167.

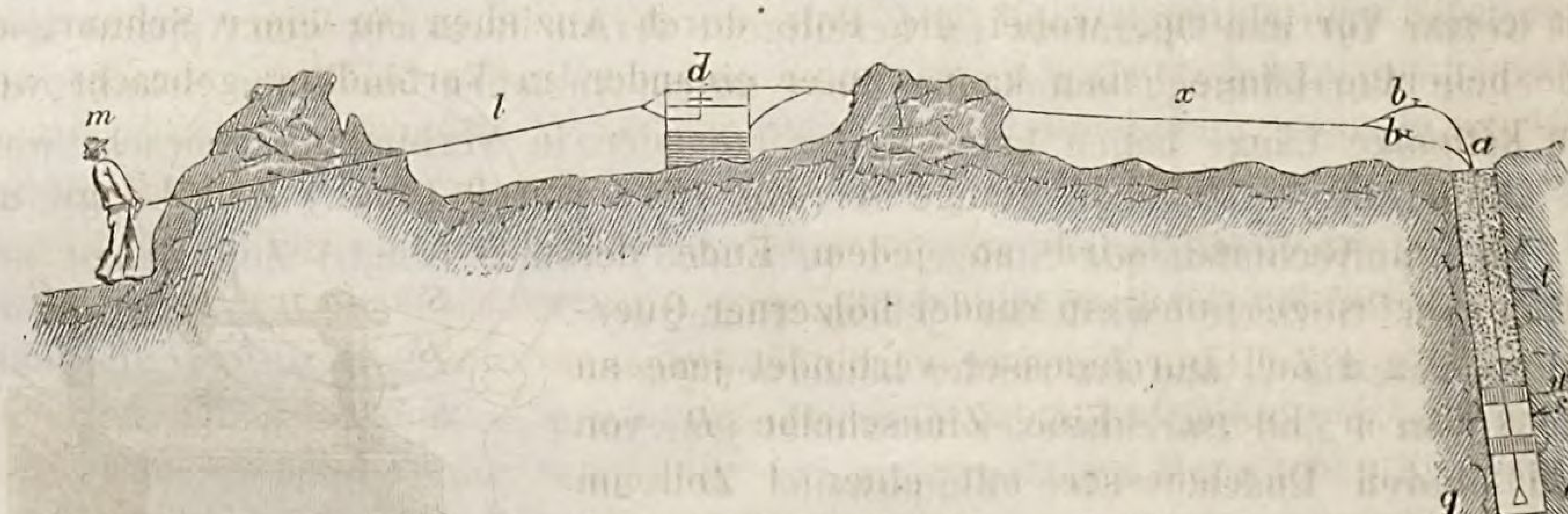


Fig. 168.

Fig. 168 zu ersehen ist, in jeder beliebigen Entfernung, oder wenigstens an einer hiefür ausgesuchten sicheren Stelle vorgenommen werden.

Bei Fortsetzung seiner Versuche benutzte ROBERTS die von ihm construirte Eisenzinkbatterie (S. 370, *Figg. 143* bis *150*) mit einer Flüssigkeit, die so angeordnet war, dass je zweien Eisenplatten eine Zinkplatte dargeboten wurde.

Die Batterie bestand aus 21 Eisen- und 20 Zinkplatten, befand sich in einem 8 Zoll langen Holzkasten, der durch einen Bleiweissanstrich wasserdicht gemacht worden war. Als Anregungsflüssigkeit wurde verdünnte Schwefelsäure von $^{1}/_{20}$ Verdünnung benutzt [19]. — Endlich hat ROBERTS die Kupferzinkbatterie mit einer Flüssigkeit abgeändert, um bloss von ihren momentanen Wirkungen im Augenblicke des Schliessens der Kette Gebrauch zu machen [20]. Die Batterie

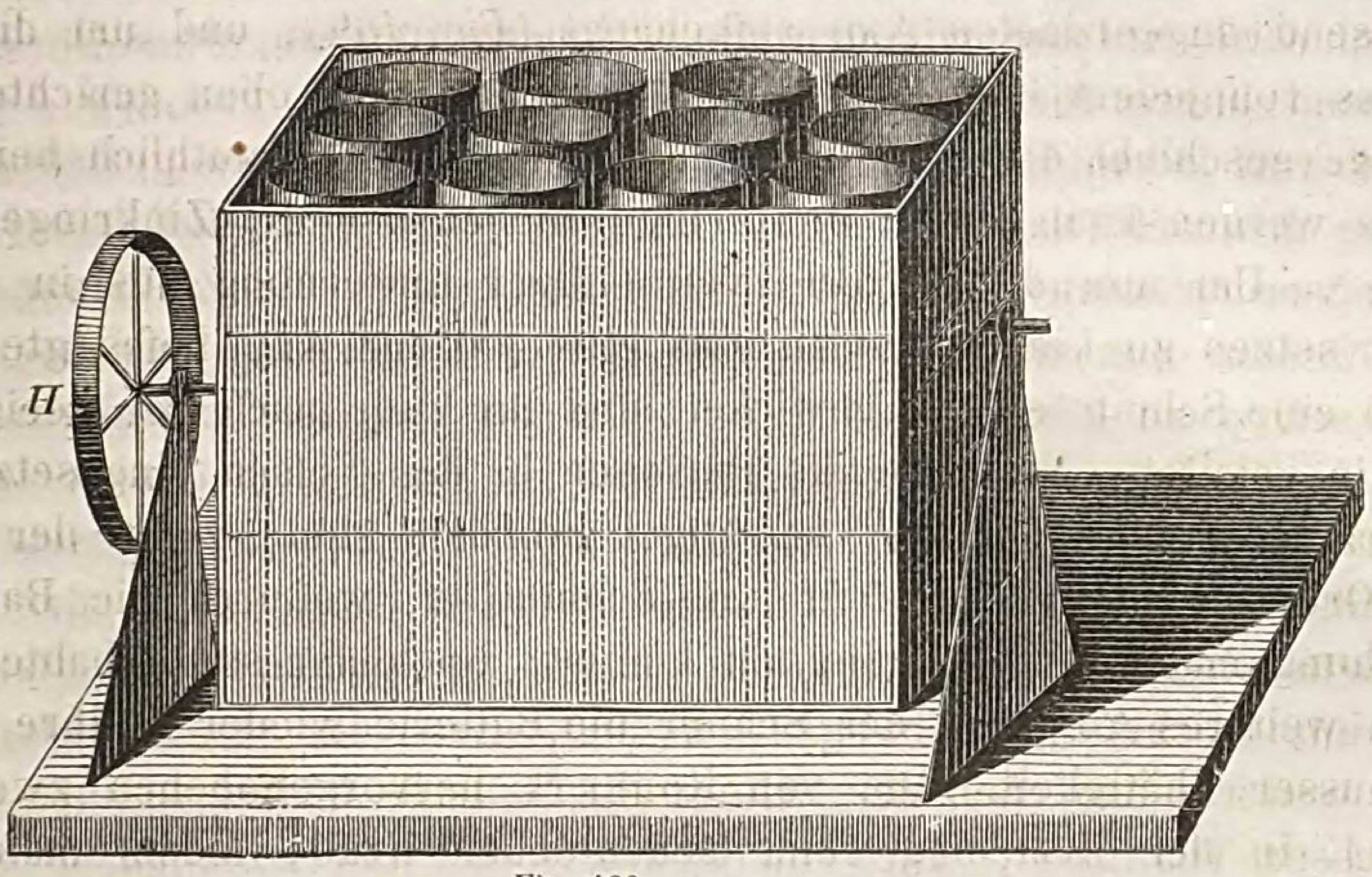


Fig. 169.

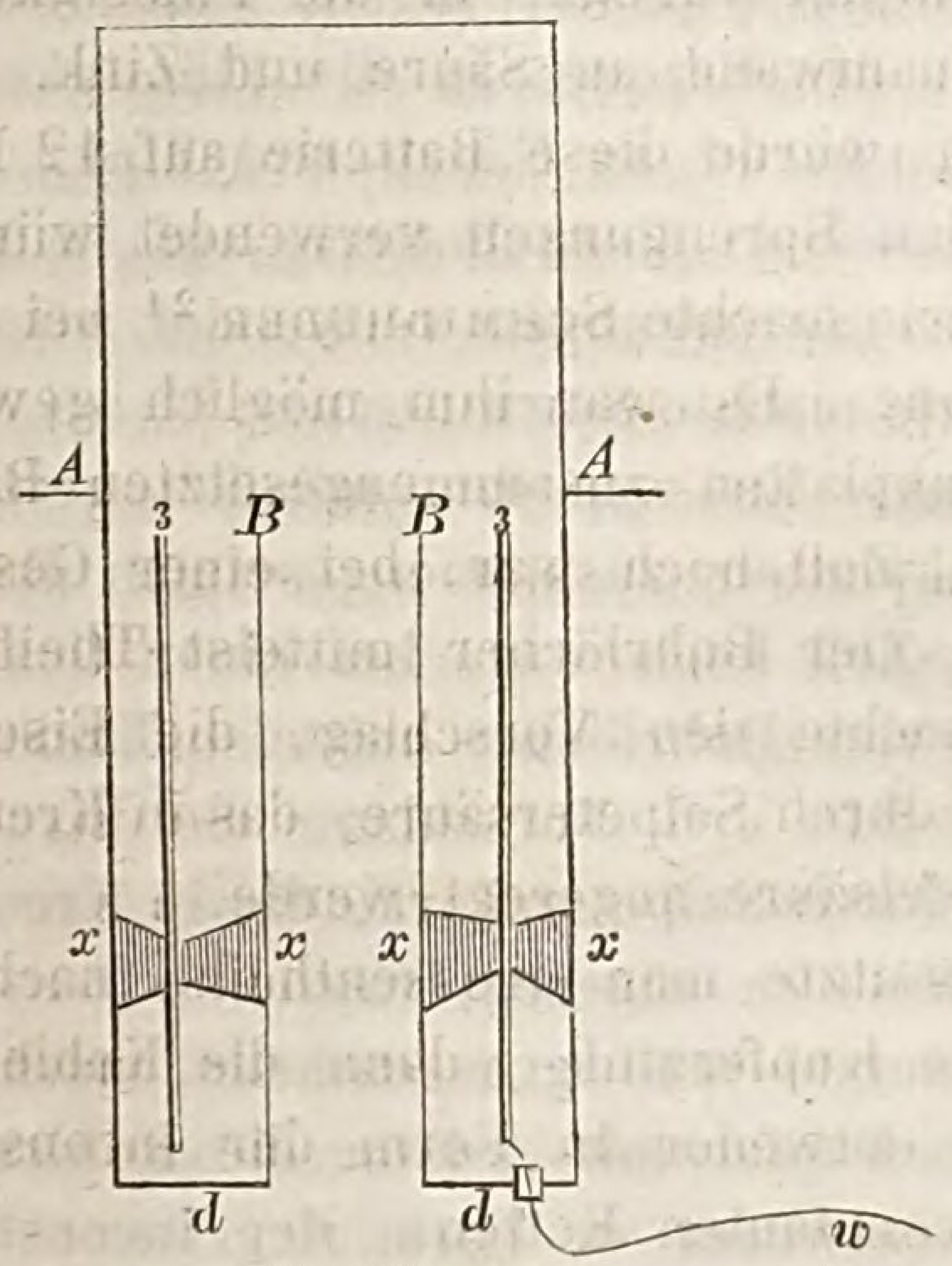


Fig. 170.

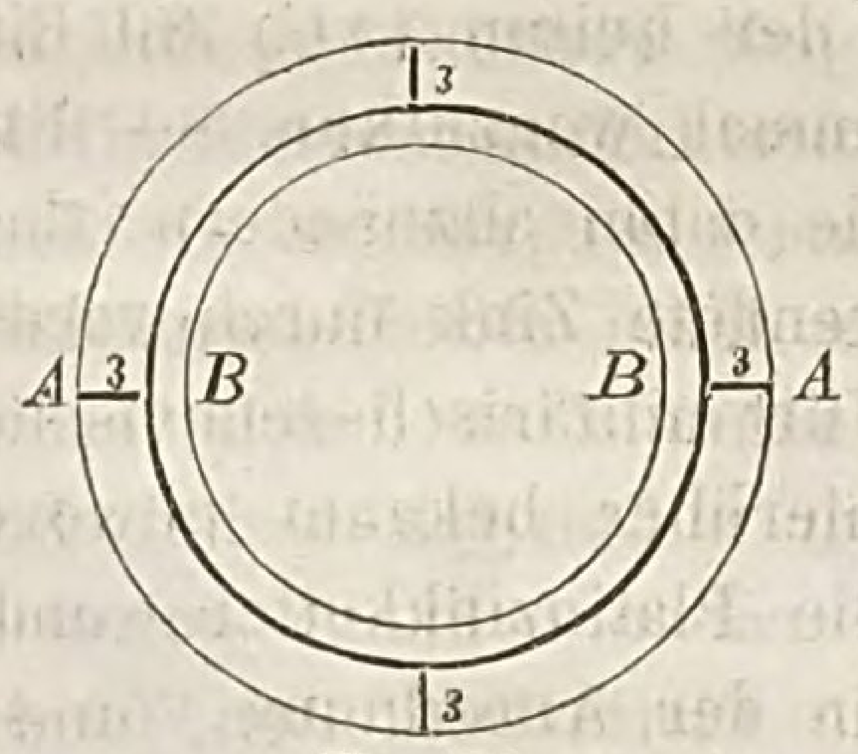


Fig. 171.

(*Fig. 169*) ist aus 12 Elementen zusammengesetzt, von welchen jedes aus zwei Kupfercylindern *B*, *B* (*Fig. 170*) zusammengesetzt ist, in welchen Zinkcylinder sich befinden. Jeder der beiden Kupfercylinder *B*, *B* ist (im Ganzen) 10 Zoll (engl.) lang und $2^{1}/_{2}$ Zoll weit, und ist mit einem kupfernen Boden *d* versehen; jeder der Zinkcylinder ist 6 Zoll lang und hat einen inneren Durchmesser von $1^{3}/_{4}$ Zoll. Die beiden Kupfercylinder sind durch einen wasserdicht anschliessenden und gut befestigten kupfernen Deckel *C* unter sich verbunden, die in denselben enthaltenen Zinkcylinder werden (*Figg. 170* und *171*) durch

Korkstücke so eingeklemmt, dass eine Berührung zwischen Kupfer und Zink in der Säure nicht eintreten kann, und jeder der Zinkringe ist mit einem Drahtfortsatz *w* versehen, der isolirt von *d* durch einen Pfropf geht, und für die Verbindung des Zinkes eines Paares mit dem Kupfer des nächsten bestimmt ist. Als Anregungsflüssigkeit wird eine Mischung aus 1 Theil Schwefelsäure, 1 Theil Salpetersäure und 20 Theilen Wasser benutzt. Nachdem die Batterie zusammengesetzt ist, wird dieselbe mit dem Holzrahmen, in dem sie sich befindet, an einer passend angeordneten Axe aufgehängt (*Fig. 169*), und um diese so gedreht, dass von jedem Elemente die Zinkcylinder nach oben gerichtet sind. In dieser Lage geschieht das Füllen der Batterie (was vermuthlich bei *d*, *d* vorgenommen werden kann), und es bleiben hiebei also die Zinkringe ausserhalb der Säure *. Um nun die Batterie von einiger Entfernung aus in und ausser Thätigkeit setzen zu können, wird um eine an der Axe befestigte Scheibe *H* (*Fig. 169*) eine Schnur einmal gewickelt und ihr Ende nach der geeigneten Entfernung hin geleitet. Nachdem die Patronen in den Felsen eingesetzt, und die Leitungsdrähte an die Batterie befestiget worden sind, zieht der an einem sicheren Orte stehende Operateur die Schnur an, wodurch die Batterie, eine halbe Drehung machend, in Thätigkeit kömmt. Nach der stattgehabten Explosion bringt ein weiteres Anziehen der Schnur die Batterie wieder in ihre erste Lage, nämlich ausser Thätigkeit. Die von Roberts hervorgehobenen zwei Vortheile bestehen 1. in der Erzielung einer bedeutenden Kraft, indem man von dem energischen Strom beim ersten Eintauchen der Erreger in die Flüssigkeit Gebrauch macht; 2. in dem geringen Kostenaufwand an Säure und Zink. „Eine Quantität Säure im Werthe von 1 Shilling würde diese Batterie auf 12 Monate versorgen, selbst wenn sie täglich zu vielen Sprengungen verwendet würde".

Von der Roberts'schen Eisenzinkbatterie machte Schmidhuber [21] bei Sprengungen in Bergwerken vielfache Anwendung. Es war ihm möglich geworden, mittelst einer aus 21 Eisen- und 20 Zinkplatten zusammengesetzten Batterie, wobei jede Platte $11\frac{1}{2}$ Zoll breit und $8\frac{3}{4}$ Zoll hoch war, bei einer Gesammtlänge der Leitung von 80 Ellen drei bis vier Bohrlöcher mittelst Theilströme auf einmal wegzuthun. — Frischen [22] machte den Vorschlag, die Eisenzinkbatterie dahin abzuändern, dass das Eisen durch Salpetersäure, das in Kreuzform angewendete Zink durch verdünnte Schwefelsäure angeregt werde.

Für militärisch-technische Zwecke benutzte man grossentheils, nach dem, was hierüber bekannt geworden war, die Kupferzink-, dann die Kohlenzink- und die Platinzinkketten, und zwar jene entweder in Form der inconstanten, oder in der Anordnung von sogenannten constanten Ketten.

Eine grössere Reihe von Versuchen dieser Art wurde schon im Jahre 1838 zu Herzogenbusch ausgeführt [23]. Hiebei wurde ein Wollaston'scher Trogapparat angewendet, der aus 10 Zinkplatten von 20 Quadratpalmen (beiläufig 273 Quadratzoll) wirksamer Oberfläche und den zugehörigen Kupfertrögen, die von jenen

* Die im Originale gegebene Beschreibung dieser Batterie ist so undeutlich gehalten, dass man selbst unter Benutzung der dazu gegebenen — fehlerhaft bezeichneten — Abbildungen kaum eine richtige Vorstellung von der betreffenden Einrichtung sich zu machen im Stande wäre, wenn man sich nicht lediglich an jene halten würde. Die vorstehende Beschreibung entspricht der erwähnten Construction.

durch halbe Korkcylinder getrennt waren, zusammengesetzt war. Die ganze Batterie war ausserhalb 0,56 holl. Ellen (beiläufig 1,8 Fuss) lang, 0,14 Ellen ($5^1/_5$ Zoll) breit und 0,35 Ellen (1,08 Fuss) hoch, und konnte von einem Manne getragen werden. Als Anregungsflüssigkeit nahm man eine Mischung aus 1 Theil Wasser, $^1/_{16}$ Theil Schwefelsäure und $^1/_{20}$ Theil Salpetersäure. Mittelst einer mit dem Apparate verbundenen Vorrichtung, aus einer Winde und Rolle zusammengesetzt, konnte die Batterie gleichmässig und rasch in den die Anregungsflüssigkeit enthaltenden Trog versenkt und aus demselben wieder herausgehoben werden.

Die k. sächsische Pionnier-Compagnie stellte im Jahre 1843 mittelst einer Platinzinkbatterie, die in einem Kasten von $1^1/_2$ Fuss Länge, 9 Zoll Breite und etwa 6 Zoll Höhe (sächs. Maass) eingeschlossen war, Versuche an, bei welchen in einer beträchtlichen Entfernung noch drei Minen gezündet wurden [24].

Ueber die in Frankreich, England, Preussen etc. in dieser Richtung angestellten Versuche und angenommenen Einrichtungen sind aus früherer Zeit nur unvollständige Berichte bekannt geworden [25], während man in neuerer Zeit das Verfahren, mittelst Volta'scher Ketten das Zünden von Minenöfen auszuführen, beseitiget zu haben scheint und diese Operation theils unter Anwendung der älteren Methoden, theils unter Benutzung des elektrischen Entladungsfunkens vornimmt, und jenes Verfahren nur in England und (dem Vernehmen nach) auch im russischen Genie-Corps beibehalten hat [26].

Nachdem wir nun einige Anwendungen der Volta'schen Batterien zum Zünden von Minen berührt haben, so dürfte die Frage nicht unwichtig sein: welche von den bis jetzt bekannt gewordenen Volta'schen Combinationen für die Zündzwecke sich am vortheilhaftesten eignen könnte, während wir über die Frage, welche über die Anwendbarkeit Volta'scher Batterien für die genannten Operationen Aufschluss zu geben hat, keine Erörterungen mehr vorzuführen haben, da hierüber schon das Nöthige bei einer früheren Gelegenheit vorgekommen ist.

Bei Beantwortung dieser Frage hat man ausser den Herstellungs- und Unterhaltungskosten der Batterie noch insbesondere die Umstände in Berücksichtigung zu bringen, welche sich auf die Instandsetzung und Behandlung des Apparates beziehen, denn namentlich diese entscheiden über die Brauchbarkeit desselben für praktische Zwecke. Zur Anwendung einer inconstanten Kette, d. h. einer Batterie, in welcher die beiden festen Erreger eines jeden Elementes in einer und derselben Flüssigkeitszelle — ohne durch ein poröses Diaphragma von einander getrennt zu sein — sich befinden, ohne in dieser sich zu berühren, ist es nothwendig, eine Vorrichtung anzuwenden, mittelst welcher man die ganze Batterie oder die zu derselben gehörenden Zinkplatten erst im Augenblicke der Zündung in die Flüssigkeit eintauchen, und hierauf nach erfolgter Zündung wieder aus der Flüssigkeit, oder diese aus der Batterie wieder entfernen kann. Für solche Einrichtungen eignen sich insbesondere die im Vorhergehenden beschriebenen Kupferzinkbatterien, und es möchten hiefür auch die Kohlenzinkketten brauchbar sein [27].

Soll aber die Batterie transportabel sein, oder soll dieselbe auch durch längere Zeit andauernd in Wirksamkeit versetzt werden können, so erscheint

die Anwendung einer constanten Kette am vortheilhaftesten. Man kann eine solche Kette so anordnen, dass ihre Wirksamkeit während zwölf Stunden, wenn dieselbe nicht andauernd hiebei geschlossen ist, um Weniges abnimmt. Wenn ausserdem die Umstände es gestatten, einzelne mangelhaft gewordene Bestandtheile der Kette durch frisch gereinigte zu ersetzen, so kann dieselbe noch längere Zeit für Zündzwecke ununterbrochen benutzt werden. Solche Ketten müssen daher, insbesondere für militärische Anwendungen gewählt werden, während der Anwendbarkeit der Ketten mit einer Flüssigkeit für Sprengungen bei technischen Arbeiten keine wesentlichen Hindernisse sich entgegenstellen, so lange die Distanz der Sprengobjecte von dem Heerde nicht beträchtlich ist.

Unter den constanten Ketten sind die Kupferzinkbatterien am leichtesten zu behandeln, sie erfordern für beide Zellen nur eine Anregungsflüssigkeit, die für die Kupferzelle eine stärkere Concentration besitzen muss, als für die Zinkzellen; die Ketten dieser Art können leicht angefertiget und behandelt werden, und die Anschaffungskosten derselben sind geringer, als jene der übrigen bekannten Ketten [28].

Diesen Ketten zunächst stehen bezüglich ihrer Anwendbarkeit für die in Rede stehenden Zwecke die Kohlenzinkbatterien, deren Anregung ebenfalls, nachdem die Kohlenplatten in Salpetersäure getränkt worden waren, durch verdünnte Schwefelsäure geschehen kann, während die Platinzinkketten zu ihrer Anregung für die Platinzelle entweder Salpetersäure oder überhaupt eine andere Säure wie das Zink erfordern, und daher schon aus diesem Grunde für eigentlich praktische Zwecke sich nicht eignen können.

§. 74. Ueber die bei Volta'schen Zündungen einzurichtende Leitung.

Was die Leitung betrifft, die bei der Benutzung einer Volta'schen Batterie in Anwendung zu bringen ist, so hat man vor allem hiefür einen Metalldraht zu wählen, der ein möglichst grosses specifisches Leitungsvermögen für Elektricität besitzt, und ausserdem einen solchen Querschnitt hat, dass dem Strome kein zu grosser Widerstand dargeboten wird, denn jede Vergrösserung des Leitungswiderstandes in der Leitung erfordert, wie wir bei den früheren Betrachtungen gesehen haben, eine entsprechende Vergrösserung der Anzahl der Zellen, aus denen die zum Zünden angewendete Batterie zusammengesetzt wird.

Da nun, wie aus den betreffenden Erörterungen im vorigen Abschnitte (S. 76), so wie aus den über die Leitungsfähigkeit der Metalle dort mitgetheilten Erfahrungsresultaten (S. 38 und 201) hervorgeht, das chemisch reine Kupfer unter allen für unsere Zwecke verwendbaren Metallen die grösste Leitungsfähigkeit besitzt, dass nämlich bei gleicher Länge der Leitungen aus verschiedenen Metalldrähten die Dicke eines Drahtes aus chemisch reinem Kupfer weit geringer sein darf, als die eines jeden anderen Drahtes [29], ohne die Stromeswirkung einer Kette, für welche der Draht als Leitung benutzt wird, abzuändern, so können wir für Zündzwecke, bei welchen die Volta'schen Ketten in Anwendung kommen, in allen Fällen, wo die Leitungen der Zündbatterie von beträchtlicher Länge genommen werden müssen, nur den Kupferdraht benutzen

Bezüglich der Dicke des für die Leitung zu verwendenden Kupferdrahtes lässt sich eine bestimmte Grösse, ohne dabei die Wirksamkeit der zur Zündung anzuwendenden Volta'schen Combination zu kennen, nicht angeben. Es wird jedoch nicht schwierig sein, wenn man in jedem besonderen Falle die in den §§. 67 bis 70 angestellten Betrachtungen zu Rathe zieht, auch hierüber bestimmte Aufschlüsse sich zu verschaffen, und wir fügen daher hier nur noch an, dass wenn bei einer der Untersuchung unterworfenen Kette sich herausgestellt hat, dass unter Verwendung eines $1'''$ dicken Drahtes eine bestimmte Wirkung, z. B. die Sprengung von drei Objecten bei der Gesammtlänge L der Leitungsstrecke hervorgebracht werden kann, dieselbe Wirkung durch diese Kette bei einer Leitung von der Länge mL zu Stande kommen wird, wenn der Durchmesser des Drahtes derselben Sorte so viele Linien beträgt, als $\sqrt{m}$ angibt. Wäre also z. B. bei dem Durchmesser d des Drahtes gleich $1'''$, $L = 400'$, so würde bei $L = 1600'$, $d = 2'''$; bei $L = 100'$, $d = \frac{1}{2}'''$ sein müssen, wenn der Strom einer und derselben Kette in diesen drei Fällen dieselbe Wirkung hervorbringen soll. (Wendet man bei einer Zündung das in §. 72 angegebene Verfahren an, so hat man wohl für die eigentliche Zündbatterie die eben angegebenen Maassregeln zu befolgen; bei der für die Linienbatterie anzuwendenden Leitung aber kann man immer Kupferdraht von geringer Dicke, oder auch sogar ähnliche Leitungsdrähte benutzen, wie bei der im vorigen Kapitel besprochenen Zündungsmethode.)

Was die Einrichtung der Leitung, ferner die zum Anlegen und Abbrechen derselben nöthigen Hülfsmittel betrifft, so kann man hier ganz ähnlich verfahren, wie diess in §. 65 erörtert worden ist.

Nicht unwichtig ist die Frage, ob bei Volta'schen Zündungen die Erde als ein Theil des Schliessungsbogens benutzt werden soll, oder ob für die vorliegenden Zwecke die Anordnung einer Doppelleitung vortheilhafter ist. Es wurde schon oben erwähnt, dass unter zweckmässiger Benutzung der Bodenleitung der Leitungswiderstand weit geringer ausfallen kann, als bei einer Doppelleitung mit Drähten. Hiebei setzten wir aber voraus, dass die Enden der Leitung so tief in den Boden versenkt werden können, dass sie beständig von Wasser oder von feuchtem Erdreich umgeben sind, und dass die Strecke zwischen den beiden Erdelektroden (von der am Minenheerde bis zu jener am Minenofen befindlichen) entweder mit einer Wasserfläche, oder doch wenigstens mit guten Elektricitätsleitern bedeckt ist. Diese Bedingungen können allerdings erfüllt werden, wenn die Umstände es gestatten, eine solche Bodenleitung für eine auszuführende Zündung auszumitteln; jene Bedingungen werden nämlich erfüllt, wenn man die Erdelektroden entweder in Brunnen oder in tief liegende Gewässer versenkt. (Hiebei ist es ausserdem nothwendig, die Enden der Leitung, welche in das Wasser zu liegen kommen, mit grossen Zinkplatten zu verbinden; die Grösse der letzteren kann zwischen 6 und 10 Quadratfuss genommen werden.) Erlauben aber die Umstände es nicht, über jene Bedingungen sich die gehörigen Aufschlüsse zu verschaffen oder dieselben zu erfüllen, so möchte es nicht rathsam sein, die Bodenleitung einzuschalten, um durch dieselbe

den einen der Leitungsdrähte zu ersetzen. Die von mir angestellten Versuche haben gezeigt [30], dass die Leitungsfähigkeit des Bodens für Volta'sche Ströme lediglich von dem Gehalte des Bodens an Feuchtigkeit abhängig ist, und dass der trockene Erdboden nicht als Leiter für Volta'sche Ströme benutzt werden kann.

Uebrigens hat die Bodenleitung noch einen Nachtheil, den wir nicht unberührt lassen dürfen. Hat nämlich der Boden die gehörige und eine solche Leitungsfähigkeit für den Volta'schen Strom, dass dieser noch in einer gegebenen Entfernung die beabsichtigte Wärmewirkung hervorbringen kann, so ist es unumgänglich nothwendig, den für die obere Leitung benutzten Draht vollständig zu isoliren und hiefür ganz ähnliche Anordnungen zu treffen, wie solche im vorigen Kapitel zur Erwähnung gekommen sind, wenn die Verluste an Kraft auf dem Wege, den der Strom nimmt, nicht so gross werden sollen, dass sie die Wirkungen beeinträchtigen. Da aber bei Benutzung einer Doppelleitung die Anwendung vollkommen isolirter Schliessungsdrähte für eine Volta'sche Kette im Allgemeinen ganz und gar unnöthig ist, so möchte insbesondere für Kriegszwecke es vortheilhafter sein, die Erde als Schliessungsleiter bei Volta'schen Zündungen nicht zu benutzen, und hievon nur bei technischen Operationen dieser Art Gebrauch zu machen, wo diess ohne weitere Nachtheile geschehen kann.

Man hat bei Anwendung einer Doppelleitung nur dafür zu sorgen, dass die Leitungen an keiner Stelle unter sich in Berührung kommen, und dass überhaupt eine leitende Verbindung derselben durch kein Zwischenmittel hergestellt werden kann, während eine Berührung der Leitungsdrähte mit dem trockenen Erdboden keine merkliche Stromschwächung hervorbringen wird. Dass dieses wirklich der Fall ist, wird durch die oben erwähnten Versuche, die zu Herzogenbusch angestellt wurden, bestätiget. Hier wurden nämlich streifenförmige Leiter aus Kupfer von etwa 1 Zoll Breite und 0,4 Linien Dicke (die also einem Kupferdrahte von etwa 1 Linie Dicke entsprechen) benutzt, und bei manchen Versuchen wurden die kupfernen Leiter durch Messingdrähte verlängert, und es war die grösste Länge der hiebei angewendeten Leitung etwa 180 Ellen (554 Fuss). Diese Leiter wurden bei verschiedenen Versuchen einmal theilweise in Gartenerde eingelegt, theilweise aber nebeneinander über den bewachsenen Boden in der Richtung des Glacis hingelegt; ferner wurden dieselben während einer regnigen Jahreszeit, ohne isolirt zu sein, 15 Tage lang in feuchten Boden und in Wasser versetzt: die Zündung erfolgte aber jedesmal sicher trotz der mangelhaften Isolation der Leiter, wenn sowohl die Batterie als auch die Patrone in gehörigem Zustande war.

Wenn nun auch diese Versuche zeigen, dass unter keinerlei Umständen eine sorgfältige Isolation der Leiter erforderlich ist, so möchte es doch nicht rathsam sein, in solchen Fällen, wo entweder die Drähte längere Zeit vor der zu erfolgenden Sprengung in den Boden gelegt werden müssen, oder wo Sprengungen unter Wasser vorzunehmen sind, die Isolation der Leitungen zu unterlassen. Das Isoliren der Leitungen nimmt man daher in ähnlicher Weise vor, wie diess im vorigen Kapitel besprochen wurde, und sucht dabei für jeden der Zwecke, dem die Zündung angehört, die entsprechende, möglichst grösste Einfachheit zu erzielen.

Bei Anlegung der Leitung hat man aber besondere Rücksicht auf diejenigen Theile derselben zu nehmen, die in der Nähe des Minenofens in die Erde selbst zu liegen kommen müssen: man hat hiebei nicht bloss die sorgfältigste Isolation zu bewerkstelligen, sondern auch die von den Enden der Leitungsdrähte nach den Patronen führenden Verbindungsdrähte von grösserem Querschnitte zu nehmen, als jene haben; namentlich ist eine solche Vorsicht bei verzweigten Leitungen nöthig; jedoch dürften auch hiefür Kupferdrähte von etwa $1\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser ausreichend sein. Ausserdem soll die Verbindung der einzelnen Theile der Leitung in vollkommen metallischer Weise geschehen, weshalb es rathsam ist, die zu verbindenden Enden mittelst Weichloth aneinander zu befestigen.

§. 75. Einrichtung des Zündobjectes für die Zündung mittelst des Volta'schen Stromes.

Als Zündobject benutzt man eine Patrone, die mit einem leicht entzündlichen oder explodirbaren Pulver gefüllt ist, durch deren Axe — im Falle sie als cylindrisch oder prismatisch angenommen werden darf — zwei Drähte gehen, deren Enden ausserhalb der Patrone noch etwa $\frac{1}{2}$ Fuss hervorragen, innerhalb der letzteren aber etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll von einander abstehen, und wobei dieselben durch einen sehr dünnen Draht von bedeutendem Leitungswiderstande mit einander verbunden sind.

Eine solche Patrone muss daher, wenn sie brauchbar sein soll, folgenden Anforderungen genügen:

1. Muss der Glühdraht mit den beiden Drähten, die er verbindet, und mit der Patronenhülle ganz fest verbunden sein, so dass ein Trennen desselben oder ein Zerreissen durch äussere mechanische Einwirkungen nicht eintreten kann.
2. Muss der Leitungswiderstand der Patronendrähte so gering sein, dass ein Erwärmen derselben nicht eintreten, der des Glühdrahtes so gross sein, dass derselbe durch den angewendeten Strom zum Glühen kommen kann.
3. Muss das Pulver, welches den Glühdraht umgibt, ganz trocken sein und selbst durch schwaches Glühen des kurzen Drahtes schon entzündet werden.
4. Muss die Verbindung der Patronendrähte mit der Leitung eine vollkommen metallische und feste sein.
5. Ist es nothwendig, dass die Patrone, wenn sie im Bohrloche oder im Minenofen sich befindet, gegen das Feuchtwerden geschützt werde.

Da nun die zur Erfüllung der hier angeführten Bedingungen (denen eine brauchbare Patrone Genüge leisten muss) nöthigen Mittel schon bei früheren Gelegenheiten in diesem Abschnitte besprochen und angegeben worden sind, so sollen hier nur noch einige Constructionen, wie sie für Zündobjecte als brauchbar angesehen werden können, beschrieben werden.

Eine sehr sichere Construction wurde von Hare benutzt. Der in die Patrone einzulegende Draht besteht nämlich aus drei oder vier zusammengefloch-

tenen Eisendrähten, von welchen einer oder beziehungsweise deren zwei so dünn sind, wie man sie zu Drahtnetzen braucht, die anderen von der Dicke solcher Drähte, wie man sie zum Verkorken der Flaschen anwendet. In der Nähe der Mitte bleiben die Drähte ungeflochten neben einander, und hier werden die beiden dickeren Drähte abgeschnitten, so dass die zusammengeflochtenen Drähte *D* nur durch ein sehr kleines Stück des dünnen Drahtes mit einander verbunden sind (*Fig. 172*). Dieser dünne Verbindungsdraht bildet nun das Glühobject, und liegt zu dem Zwecke in einer kleinen Höhlung eines Klötzchens *F* (*Fig. 173*) aus Cornelkirschholz, wie diess bei *A*, *Fig. 174*, angedeutet ist. Die Drähte sind nun mit einer Röhre *A* (*Fig. 175*) aus verzinntem Eisenblech umgeben, das eine Ende derselben ist am Boden des letzteren innerhalb *A* angelöthet, das andere Ende *C* geht durch einen Korkstöpsel aus der Röhre, während an dieser selbst aussen ein Kupferdraht *B* angelöthet ist. Nachdem die ganze Patrone gehörig vorbereitet ist, werden die Enden *B* und *C* (*Fig. 175*) durch Anlöthen mit den zugehörigen Enden der Leitungsdrähte verbunden. Als Zündpulver benutzte Hare eine Mengung aus metallischem Arsenik und chlorsaurem Kali, mit welcher die Höhlung *A* (*Fig. 174*) angefüllt, und hierauf durch Papier verschlossen wurde. Die Höhlung der Zündröhre (*Fig. 175*) selbst wurde mit gewöhnlichem Schiesspulver vor dem Verkorken angefüllt, und die so gefertigte Patrone in das Bohrloch versetzt, hier durch Einrammen mit Ziegelmehl oder Sand so befestiget, dass nur die Enden *B* und *C* (*Fig. 175*) der Drähte derselben hervorragen konnten.

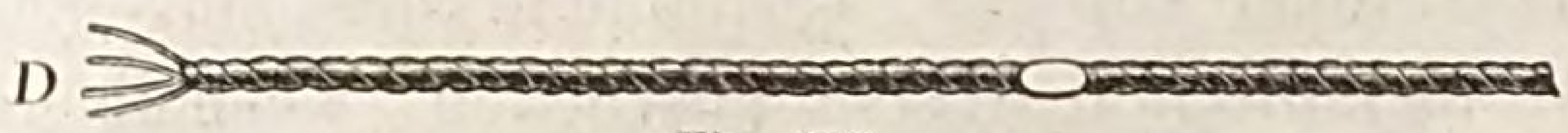


Fig. 172.

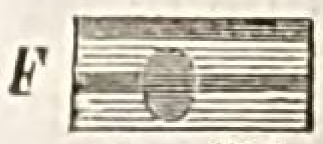


Fig. 173.

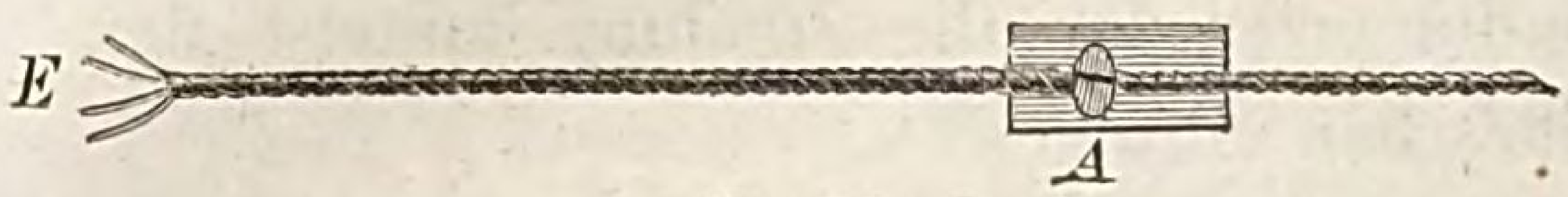


Fig. 174.

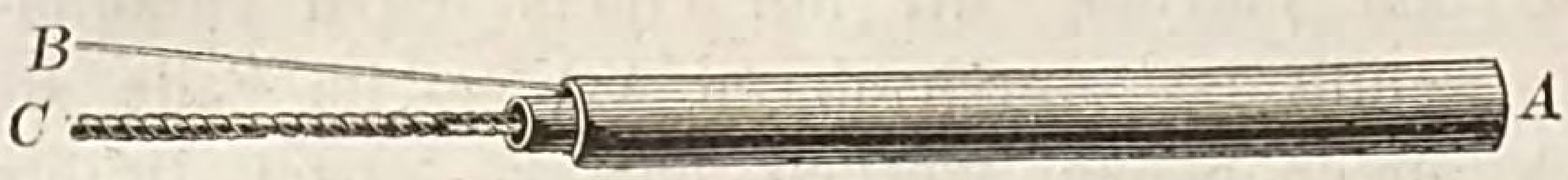
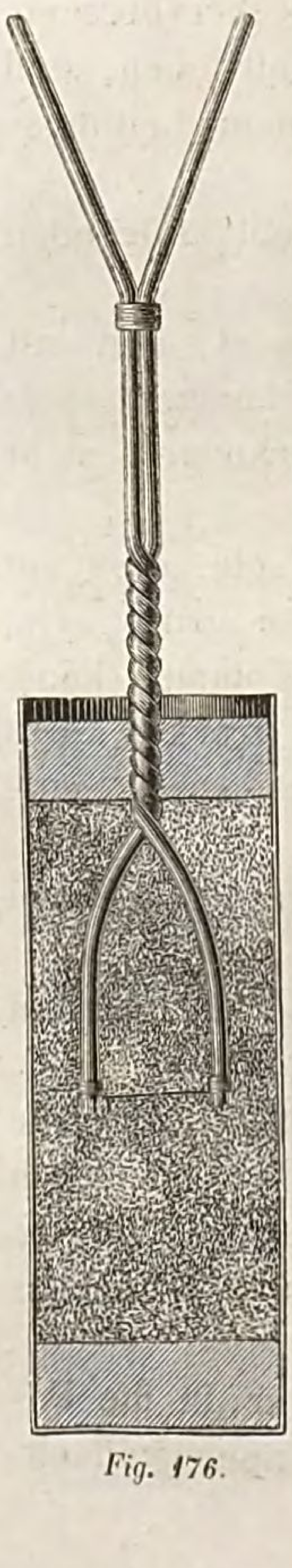


Fig. 175.


Fig. 176.

Die von Roberts benutzte Patrone (*Fig. 176*) ist eine mit Schiesspulver gefüllte Zinnröhre, in welcher sich die Enden zweier starken, 10 Fuss langen Kupferdrähte, verbunden durch einen feinen, $^1/_2$ Zoll langen Stahldraht, befinden. Die Patrone ist 3 Zoll (engl.) lang und $^3/_4$ bis 1 Zoll weit, und so verlöthet, dass sie als wasserdicht angenommen werden kann. Die Drähte sind mit Baumwollgarn stark überzogen, und bis zu den durch ein Korkstück auseinander gehaltenen Enden zu einem Seil in der früher angegebenen Weise zusammengedreht. Um durch den zwischen die Hörner dieser Drähte gesteckten Kork ein sicheres Auseinanderhalten derselben zu bewerkstelligen, und die Berührung der Drähte mit der Blechhülse zu verhindern, wird der Kork mit einem Kitt aus 1 Theil Bienenwachs und 2 Theilen Harz überzogen. Das Einsetzen der Patrone nimmt nun Roberts beiläufig in nachstehender Weise vor. Wenn ein Felsen durch

Schiesspulver gesprengt werden soll, so muss vor allem in den Felsen ein Loch gebohrt werden, welches in seiner Tiefe und seinem Durchmesser der Festigkeit der Steinart und der loszumachenden Quantität entspricht. Das, z. B. 6 Fuss tiefe und 2 Zoll weite Bohrloch wird zuerst von Staub und Feuchtigkeit gereiniget, dann mit der Hälfte des anzuwendenden Schiesspulvers angefüllt, die Patrone eingelegt, und der übrige Theil der Ladung eingefüllt, ohne dabei das Pulver einzustampfen. Die Patrone befindet sich also in der Mitte der Ladung und ihre Leitungsdrähte ragen über den Felsen noch etwa 3 oder 4 Fuss hervor, während die Ladung mit der Patrone ungefähr 8 bis 10 Zoll der Bohröffnung einnimmt. Das Zupfropfen des Minenhalses geschieht durch sanftes Einsetzen eines Stroh- oder Wergpfropfes bis etwa $2\frac{1}{2}$ Fuss unter die Oberfläche, während zwischen Pfropf und Ladung ein lufterfüllter Raum bleibt. Der Raum zwischen Pfropf und dem oberen Ende des Minenhalses wird mit trockenem Sand besetzt. Die eben beschriebene Besetzungsart hält ROBERTS für die wirksamste.

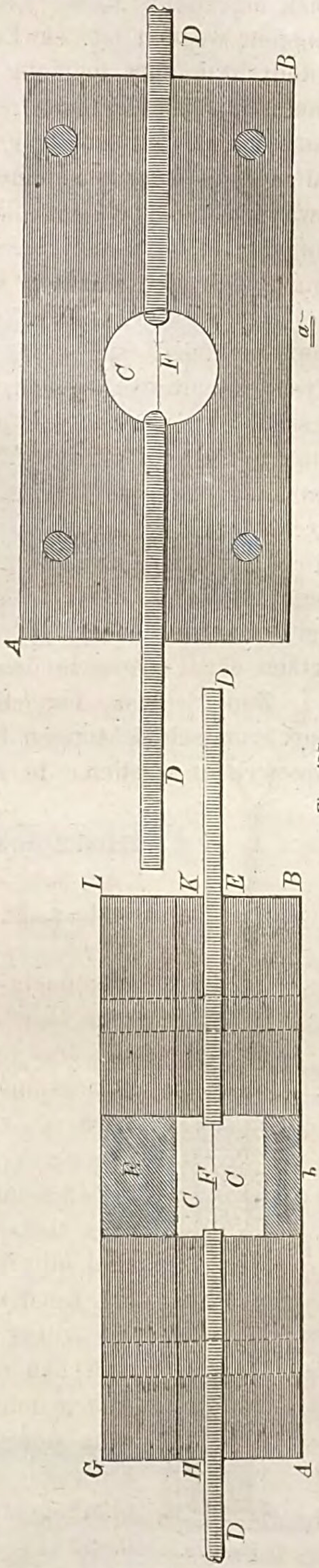


Fig. 177.

Um der Patrone die gehörige Festigkeit gegen jede äussere Beschädigung zu geben, ferner um die in dieselbe einmündenden Drähte von gehöriger Dicke wählen zu können, habe ich eine einfache Einrichtung benutzt, die aus *Fig. 177* ersehen werden kann. In dieser stellt *AB* eine Patronenhülse in wirklicher Grösse vor, die in dieselbe eingelassenen Drähte sind hierin verkürzt und dünner gehalten, als diess in der Wirklichkeit der Fall ist. Bei *a* ist ein parallel zu den längeren Grundflächen der Patrone gehender Durchschnitt, bei *b* aber ein durch die Axe der Drähte gehender Längenschnitt dargestellt. — Aus gut ausgetrocknetem harten Holz werden nämlich zwei parallelepipedische Stücke *ABKH* und *GLKH* geschnitten, von welchen jenes mit einer Rinne zur Aufnahme der Kupferdrähte *DD* und mit einer cylindrischen Höhlung *C* versehen wird, in welche der an die Kupferdrähte angelöthete Zünddraht *F* zu liegen kömmt. Das andere Klötzchen ist auch in der Mitte mit einer Aushöhlung *C* versehen, und wird auf das erstere mittelst Holzstifte befestiget, nachdem die Drähte eingeklemmt sind und der Glühdraht angelöthet worden ist. Hiedurch werden die Drähte so

stark befestiget, dass, wenn das Anlöthen des feinen Drahtes sorgfältig vorgenommen worden ist, ein Losreissen des letzteren nicht zu befürchten steht. Der Glühdraht kömmt beiläufig in die Mitte der cylindrischen Höhlung *C* zu liegen; man nimmt hiefür einen feinen Platindraht, dessen Dicke bei gleichzeitigen Zündungen geringer sein soll, als bei der Sprengung eines einzigen Objectes. In jenem Falle kann man einen Draht wählen, von welchem eine Länge zu 10 Fuss etwa 1 Gramm wiegen, während in letzterem Falle die Drahtdicke etwa das Doppelte des vorigen sein darf. Von der so vorbereiteten Patrone füllt man den Boden der Höhlung mit trockenem Mehlpulver an, bringt auf dieses so viel von dem Varrentrapp'schen Zündsatz, bis der Glühdraht von diesem ganz umgeben ist, setzt hierauf wieder eine Schichte Mehlpulver, auf dieses etwas Baumwolle, und verschliesst nun die Oeffnung mittelst des Korkes *E*, dessen hervorragendes Ende abgeschnitten wird. Die so vollendete Patrone wird dann mit einem passenden Firniss überzogen. Zur längeren Conservirung solcher Patronen ist es nothwendig, die Patronenhülsen in ähnlicher Weise zu präpariren, wie diess von den oben (S. 357) beschriebenen erwähnt worden ist. (Den einen der Kupferdrähte kann man nach der Rückseite der Patrone hin so weit umbiegen, dass die Enden beider Patronendrähte nach einer und derselben Seite hin und neben einander zu liegen kommen; es wird hiedurch das Einsetzen der Patrone in den Pulverkasten u. dergl. erleichtert.)

Zum Schlusse füge ich hier noch einige Abbildungen von Patronen- und Sprengungseinrichtungen bei, wie solche von den englischen Militär-Ingenieuren angewendet werden. In *Fig. 178* finden wir einen Zünder abgebildet, der zum

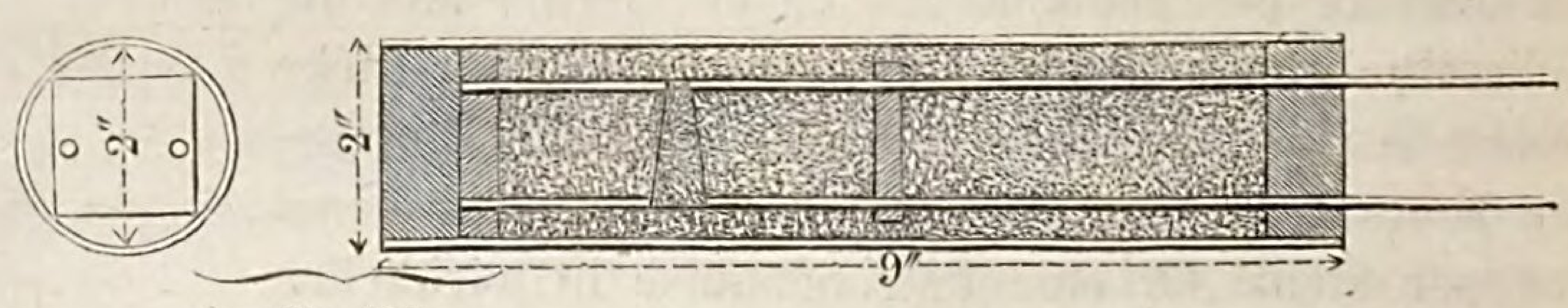


Fig. 179.

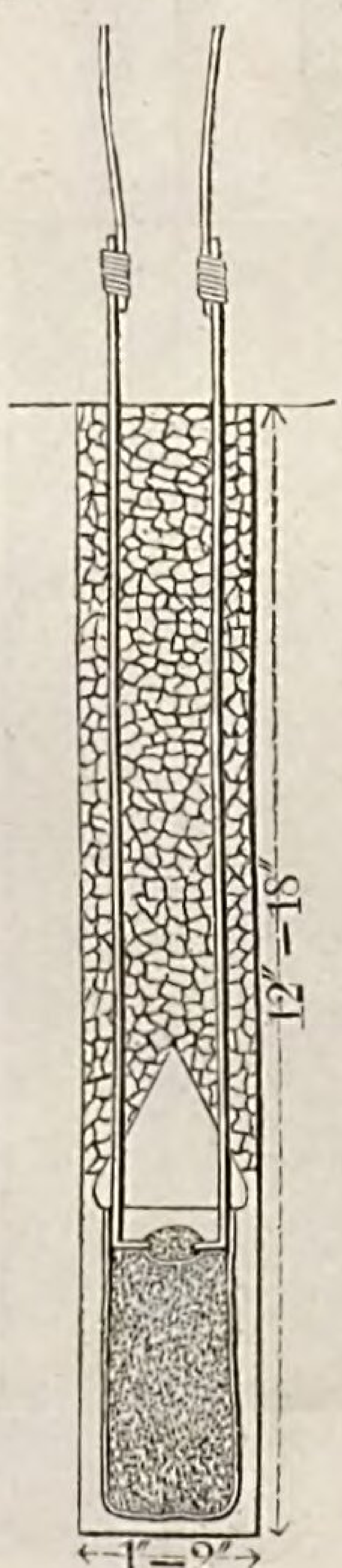


Fig. 178.

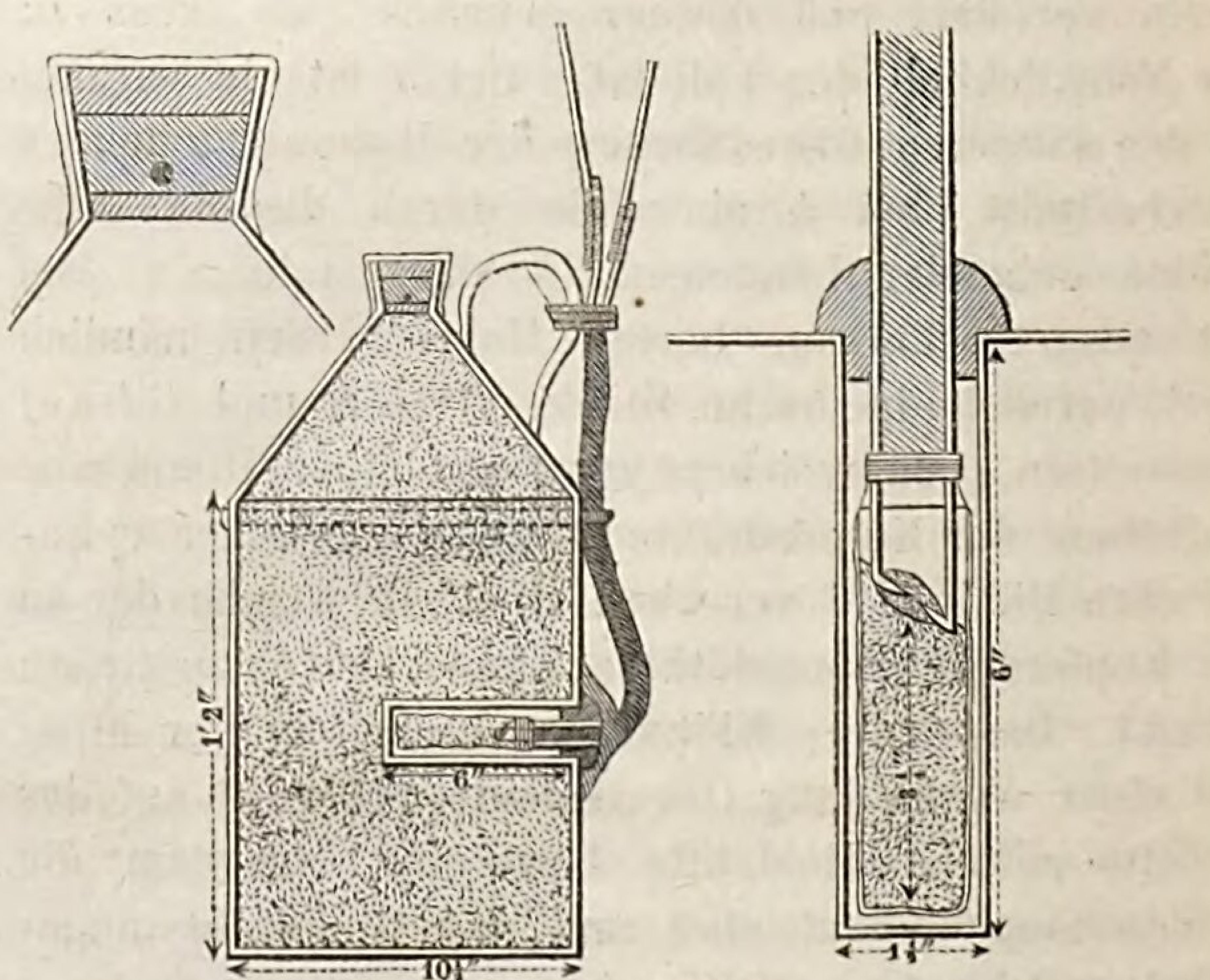


Fig. 180.

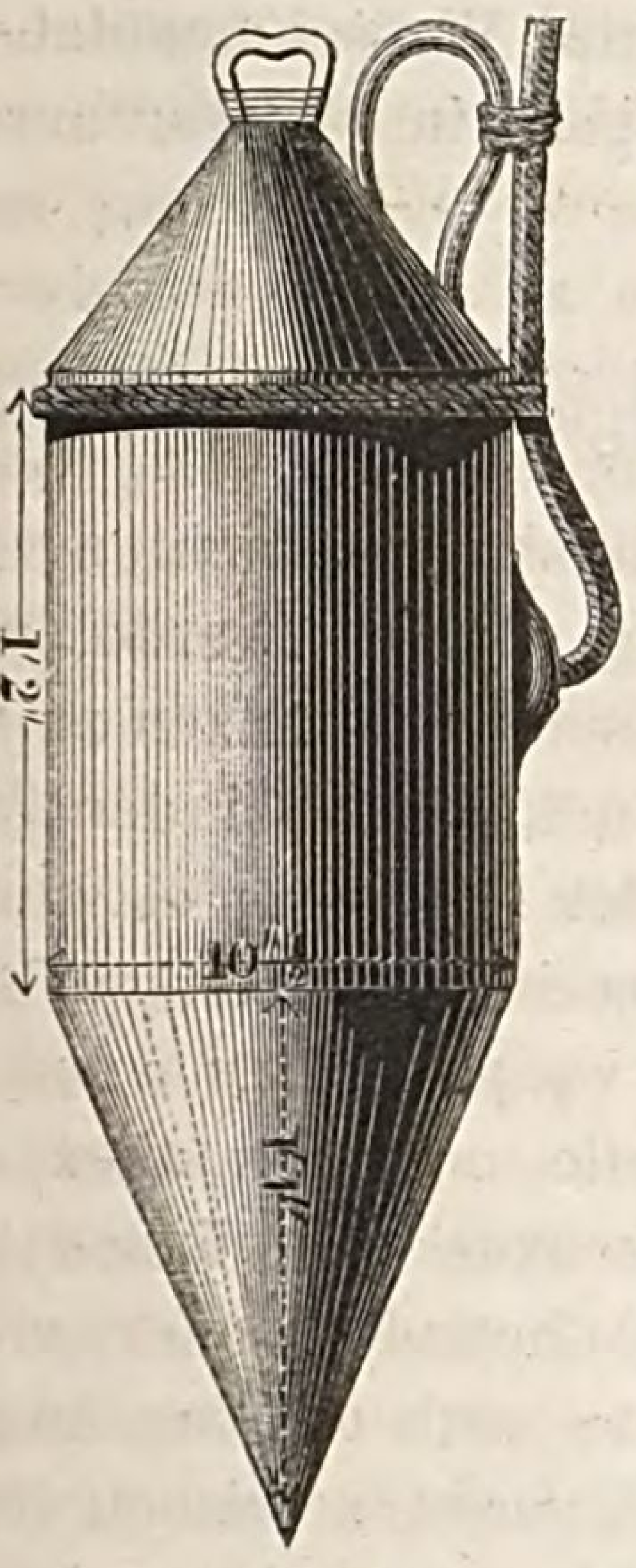


Fig. 181.

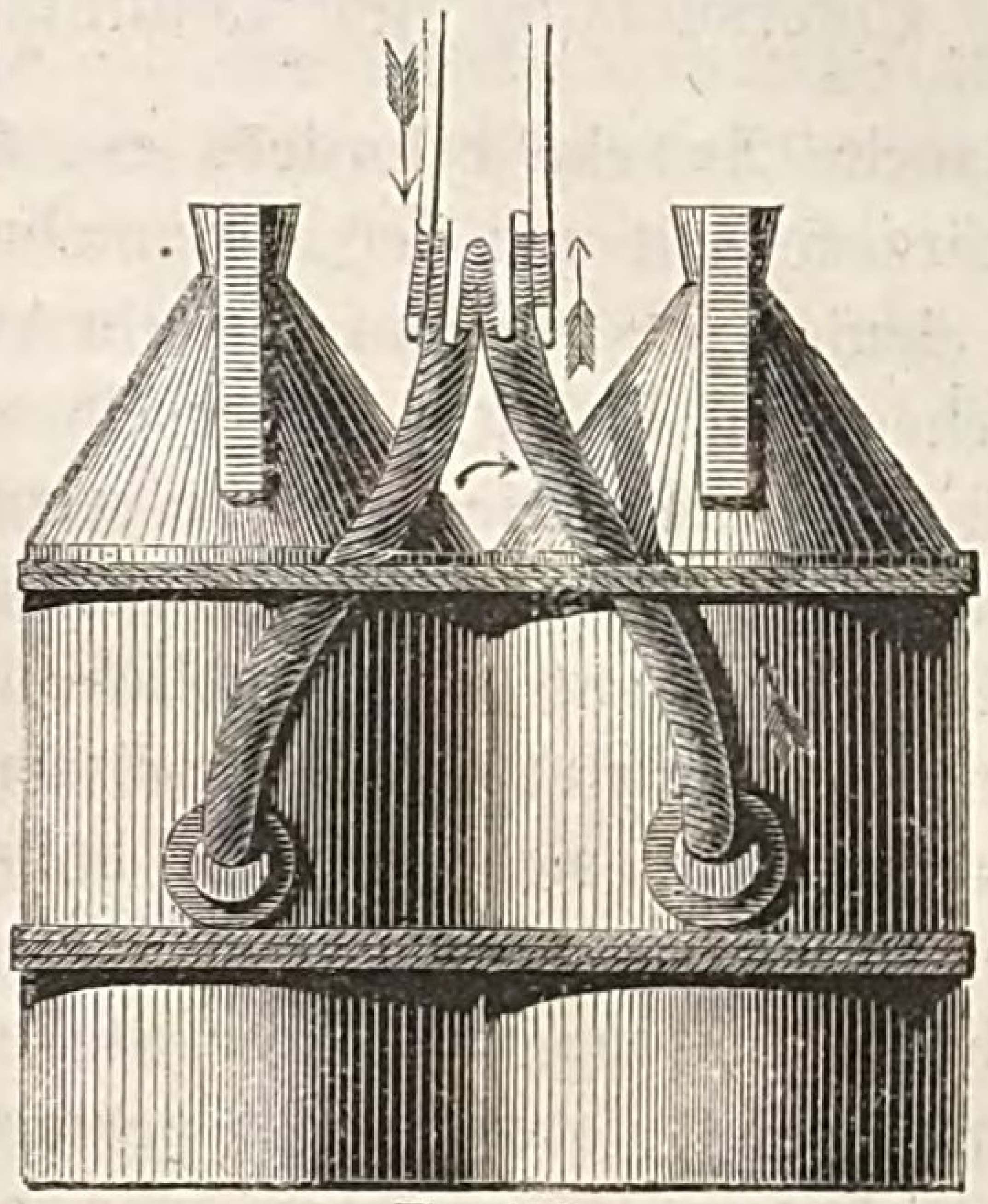


Fig. 182.

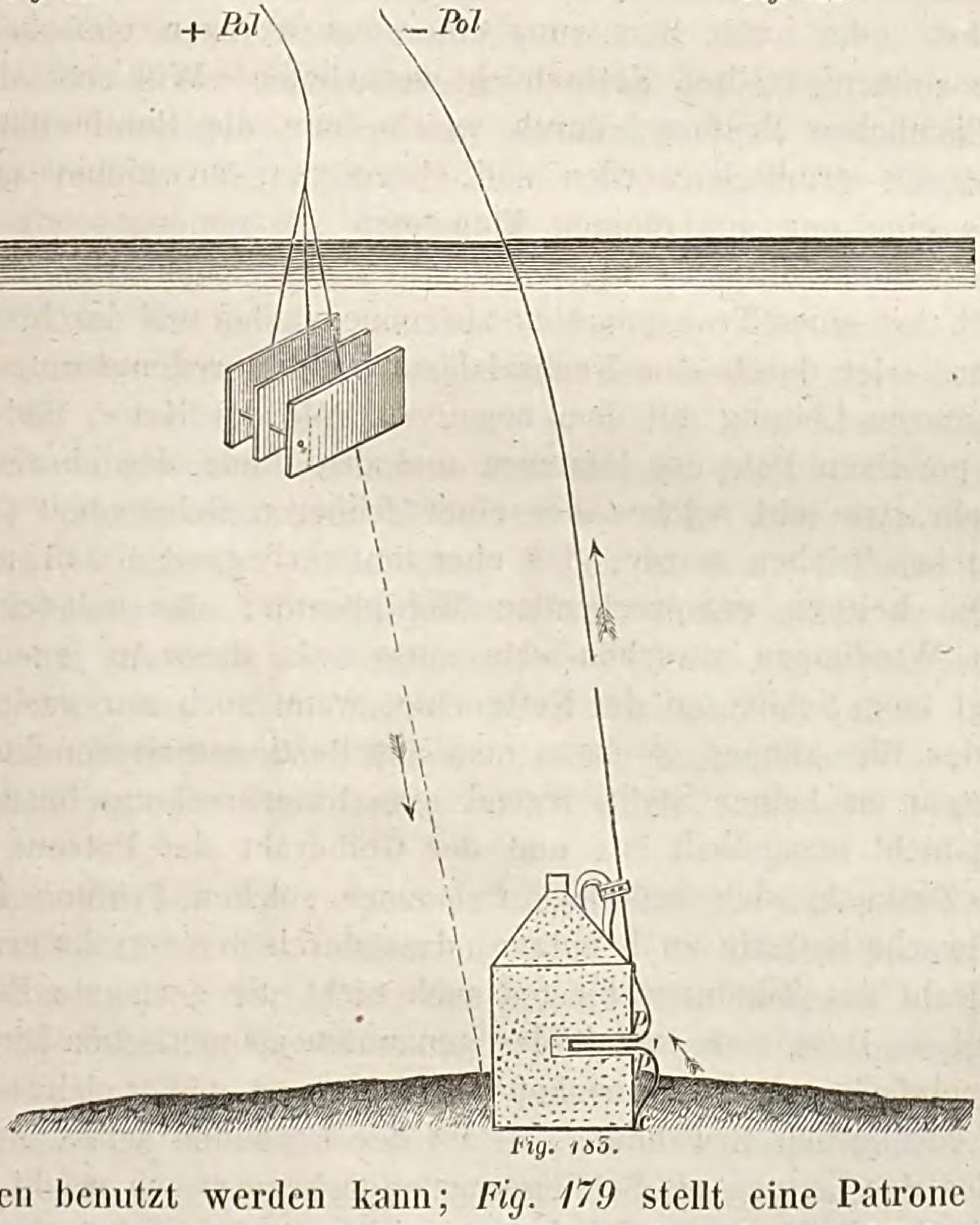


Fig. 185.

Felsensprengen benutzt werden kann; *Fig. 179* stellt eine Patrone für Minensprengungen vor; in *Figg. 180* bis *182* sind mit dem dazu gehörigen Detail die

Einrichtungen dargestellt, wie sie für Sprengungen unter Wasser benutzt werden können, während die Art und Weise, wie eine Sprengung im Wasser ausgeführt werden kann, durch *Fig. 183* verdeutlichet wird.

§. 76. Untersuchung der Continuität einer angelegten Zündungseinrichtung.

Manche Zwecke erfordern es, dass die ganze Zündungseinrichtung längere oder kürzere Zeit vor der vorzunehmenden Sprengung angelegt werde, um dann gerade denjenigen Moment für die Ausführung der Zündung benutzen zu können, in welchem ein Erfolg von derselben erwartet werden kann. Bei der Zündung von Minenöfen für Kriegszwecke wird dieses immer der Fall sein; es wird dann die Ladung der Mine, sowie das Anlegen der Leitung immer eine gewisse Zeit vor dem unbekannten Augenblicke der Sprengung vorgenommen, und dieser Zeitpunkt abgewartet werden müssen. In diesem Falle muss es aber möglich gemacht werden, sich zu jeder beliebigen Zeit überzeugen zu können, ob die Zündungseinrichtung sich in dem gehörigen Zustande befindet, oder nicht, ob nämlich die Leitung an keiner Stelle unterbrochen ist, und ob das Zündobject nicht mangelhaft, etwa feucht geworden oder der Glühdraht zerrissen ist. Eine derartige Untersuchung kann man nun entweder unter Anwendung der Zündbatterie selbst, oder unter Benutzung einer aus wenigen einfachen Ketten der letzteren zusammengestellten Kette leicht vornehmen. Will man sich hiebei mit einer oberflächlichen Prüfung, durch welche nur die Continuität des ganzen Leitungssystemes ermittelt werden soll, begnügen, so nimmt man statt der Zündbatterie eine nur aus einigen Elementen zusammengesetzte Kette, wozu übrigens auch einige Kupfer- und Zinkplatten ausreichen, die man zu diesem Zwecke nach Art eines Trogapparates zusammenstellen und durch sehr verdünnte Schwefelsäure oder durch eine Kochsalzlösung etc. anregen kann, verbindet das Ende der unteren Leitung mit dem negativen Pole der Kette, und schaltet zwischen dem positiven Pole der letzteren und dem Ende der oberen Leitung ein Rheoskop ein, wie ein solches bei einer früheren Gelegenheit (S. 178, *Figg. 78* und *79*) beschrieben wurde, das aber im vorliegenden Fall mit einem der zu prüfenden Leitung entsprechenden Multiplicator, also mit einer grösseren Anzahl von Windungen versehen sein muss, als diess in jenem Fall nöthig war. Erfolgt beim Schliessen der Kette eine, wenn auch nur geringe Ablenkung der Nadel des Rheoskopes, so kann man mit Bestimmtheit annehmen, dass das Leitungssystem an keiner Stelle irgend eine Unterbrechung besitzt, dass also die Leitung nicht mangelhaft ist, und der Glühdraht der Patrone nicht in beschädigtem Zustande sich befindet. Bei einer solchen Prüfung hat man aber eine so schwache Batterie zu benutzen, dass durch den von ihr erzeugten Strom der feine Draht des Zündungsobjectes auch nicht die geringste Erwärmung erfahren kann. — Dass man anstatt des genannten magnetischen Rheoskopes auch eines ganz einfachen Volta-Rheoskopes (*Fig. 80*, S. 179) sich bedienen kann, bedarf nur der kurzen Erwähnung. — Ist der Erdboden selbst anstatt des unteren Theiles der Leitung als Schliessungsleiter benutzt, so reicht für eine derartige qualitative Prüfung der Zündungseinrichtung ein — jedoch sehr empfind-

liches — magnetisches Rheoskop allein aus. Verbindet man nämlich das eine Ende des Multiplicators dieses Instrumentes mit dem Ende der oberen Leitung, setzt das andere Ende desselben mit dem an dem Minenheerde über dem Boden hervorragenden Ende des an der Erdelektrode angelötheten Drahtes in Verbindung, so wird man schon unter Einwirkung des tellurischen Stromes (S. 258) — also ohne Anwendung einer Volta'schen Kette — eine schwächere oder stärkere Ablenkung der Nadel des Rheoskopes wahrnehmen können, wenn der Schliessungsbogen an keiner Stelle irgend eine Unterbrechung hat, und man wird umgekehrt auf die Anwesenheit solcher Unterbrechungen schliessen können, wenn eine Ablenkung der Nadel nicht erfolgen würde.

Beabsichtiget man aber, die Untersuchung der Zündungseinrichtung nicht bloss in qualitativer, sondern auch in quantitativer Weise vorzunehmen, so ist es vor allem nothwendig, hiebei eine Batterie von möglichst gleichbleibender Wirkung anzuwenden, oder eine constante Batterie in Anwendung zu bringen, die man bei jeder Untersuchung neu herrichtet, und dieselbe stets mit Flüssigkeiten von demselben Concentrationsgrade und neuen Diaphragmen versieht. Schaltet man dann mit dieser Batterie einen passenden Rheostaten (siehe S. 179 und S. 396) und ein magnetisches Rheoskop der genannten Art ein, und wählt dabei eine so grosse Zahl von Windungen des Rheostaten, überhaupt einen so grossen Leitungswiderstand, dass man mit Bestimmtheit annehmen kann, dass der Strom jener Kette eine molekulare Aenderung des Glühdrahtes der Patrone nicht zu erzeugen vermag, so wird man aus den bei den vorgenommenen Versuchen zu verschiedenen Zeiten abgelesenen Ablenkungen der Magnetnadel des Rheoskopes nicht bloss auf die Continuität des Schliessungsbogens schliessen, sondern auch angeben können, ob eine Vergrösserung oder Verminderung des Leitungswiderstandes des letzteren stattgefunden hat, oder nicht. Würde sich hiebei ergeben, dass der Leitungswiderstand des Schliessungsbogens geringer geworden ist, als derselbe anfänglich war, so würde man daraus folgern dürfen, dass die in dem Zündobjecte enthaltene Pulvermasse feucht geworden ist; eine wahrnehmbare Vergrösserung des Widerstandes aber wird man bei den Versuchen in dem vorliegenden Falle kaum finden können, da eine solche nur durch eine Aenderung des Leitungssystemes oder durch starke Erwärmung einzelner Theile des letzteren u. dergl. eintreten könnte, und hiefür wohl eine Veranlassung unter den hier herrschenden Umständen kaum angenommen werden kann. — Die eben beschriebene Untersuchungsmethode ist jedoch nur dann zulässig, wenn die Erde selbst nicht einen Theil des Schliessungsleiters bildet.

Würde sich nun bei den vorgenommenen Prüfungen herausstellen, dass ein Mangel in der Continuität des Schliessungsbogens vorhanden ist, so hätte man die Leitung allein unter Ausschaltung des Zündobjectes nunmehr zu untersuchen, und die mangelhafte Stelle derselben durch wiederholte Untersuchungen zu ermitteln und sodann auszubessern. Würde aber die Leitung in gehörigem Zustande sich befinden, so müsste der Fehler des Schliessungsbogens in dem Zündobjecte gesucht werden, und man hätte in letzterem Falle die ganze Verdämmung wieder hinwegzunehmen, das Zündobject durch ein brauchbares zu

ersetzen, und hierauf die ganze Einrichtung wieder in den gehörigen Zustand zu bringen.

Anmerkungen und Citate zu Kapitel II.

[1] Ein zur Anstellung des Volta'schen Fundamentalversuches sowohl, als auch überhaupt zur Untersuchung der freien Elektricität eines isolirten Leiters geeignetes und sehr bequemes, sowie empfindliches Instrument ist das von BOHNENBERGER (Schweigger's Journ. XXV. 159 *) abgeänderte Säulen-Elektroskop. Ein hohler Glascylinder (*Fig. 184*) von 4 ½ Zoll Höhe und 3 ½ Zoll Weite ist in einen Holzfuss gekittet, und oben durch einen Messingdeckel geschlossen, dessen Mitte eine mit einem Schraubenzuge versehene Oeffnung hat. In diese Oeffnung ist eine kurze, mit Schellack ausgefüllte, Messingröhre geschraubt, durch die ein Messingstift hindurchgeht, an dessen unterem Ende ein schmales 2 Zoll langes Goldblatt befestiget ist. Ausserdem befinden sich in dem Deckel zwei schmale in einem Durchmesser liegende Schlitze, in welchen die oberen Fassungen der beiden elektrischen Säulen beweglich und durch hervorragende Klemmschrauben festzustellen sind. Die Säulen sind aus Scheiben von unechtem Gold- und Silberpapier (Kupfer-Zinn-Papier) von 5 Linien Durchmesser zusammengesetzt und in 3 ½ Zoll langen Glasröhren geschichtet, und tragen Fassungen, von welchen winkelrecht nach oben gebogene Metallplatten (Polplatten) *A* und *B* ausgehen (RIESS Elektr. I. 16 * u. f.). — Bringt man in die Nähe des Schraubenganges *C* einen mit freier Elektricität versehenen isolirten Leiter, so wird die Bewegung des Goldblättchens *D* gegen *A* oder *B* hin andeuten, ob der Körper positiv oder negativ elektrisirt ist. Zur Anstellung des Volta'schen Fundamentalversuches reicht es aus, wenn man, wie bereits erwähnt, eine der beiden unter sich zur Berührung kommenden Platten bei *C* anschraubt.

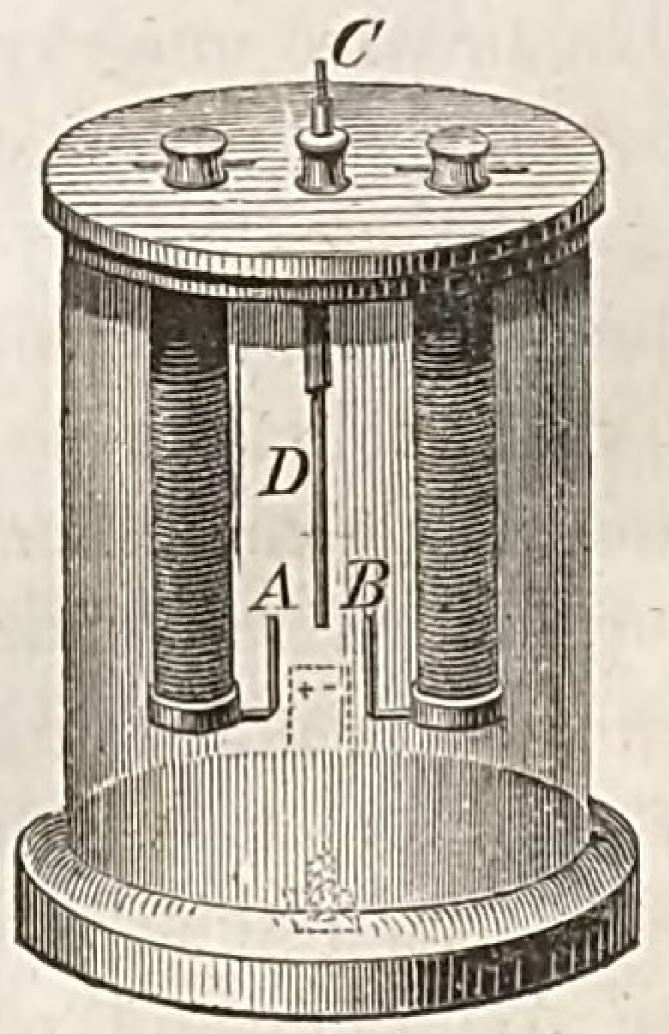


Fig. 184.

[2] MUNCKE's phys. Wörterbuch. IV. 605 *.

[3] Der älteste der säulenartigen Rheomotoren ist die bekannte Volta'sche Säule. Schichtet man nämlich viele unmittelbar mit einander in Berührung gesetzte Paare aus zwei ungleichartigen Leitern erster Ordnung, die in Plattenform gewählt werden, z. B. kreisförmige Kupfer- und Zinkplatten so auf oder neben einander, dass beständig ein und dasselbe Metall nach ein und derselben Seite zugekehrt ist, und je zwei Paare durch eine mit einem flüssigen Leiter befeuchteten Scheibe aus Pappe, Holz oder Tuch etc. von einander getrennt werden, so erhält man eine zusammengesetzte Kette, welche der von VOLTA construirten Säule (*Phil. Trans.* 1800, p. 402 *) ähnlich ist. Im isolirten Zustande ist der Theil derselben, welcher an der Zinkfläche endiget, positiv, der andere Theil aber negativ elektrisch. Verbindet man beide Pole durch einen Leiter, so geht bei der Säule der Strom vom Zinkpole aus durch den Schliessungsleiter gegen das Kupferende hin und durch die Säule gegen seine Ausgangsstelle zurück.

[4] *Phil. Trans.* 1836, p. 117. — 1837, p. 144. Pogg. Ann. XLII. 263 *. 277 *.

[5] G. S. OHM. *Die galvanische Kette, mathem. bearbeitet. Berlin 1827. — G. S. OHM's Grundzüge der Physik. Nürnberg 1854. §. 95 * u. f.

[6] Eine Zusammenstellung der älteren Versuche findet man in MUNCKE's phys. Wörterb. IV. 923 *. VIII. 38 *.

[7] M. E. LENZ. Ueber die Gesetze der Wärmeentwickelung durch den galvanischen Strom. Wärmentwickelung in Drähten. Pogg. Ann. LXI. 18 *.

[8] J. MÜLLER (in Wesel). Abnahme der Elektricitätsleitung in Metallen bei starker Temperatur-Erhöhung. Pogg. Ann. CIII. 176 *.

[9] RIESS Elektr. II. 16 * u. f.

[10] Man sehe auch: E. BECQUEREL's Untersuchungen; *Ann. de chim. et phys.* (3) IX. 21. Repert. d. Phys. VIII. 313 *.

[11] Pogg. Ann. LXII. 512 *.

[12] Der bei meinen Messungen und Versuchen benutzte Kupferdraht wurde aus der Beck'schen Drahtfabrik (Augsburg) bezogen. Da bis jetzt dieser Draht einer genauen chemischen Analyse noch nicht unterzogen worden ist, so kann bezüglich seiner chemischen Zusammensetzung nichts angegeben werden. Von der Fabrik aus wird übrigens dieser Draht als chemisch rein bezeichnet. — Jedenfalls sollen die in der Tabelle enthaltenen Zahlen nur für möglichst reinen Kupferdraht ihre Geltung haben.

[13] *Silliman Journ.* XXI. 139. Dingler's polyt. Journ. LI. 16 *.

14 Schweigger's Journ. f. Chemie und Physik. XXVI. 313 * u. f.

15 *Silliman Journ.* XXVI. 356. Repert. d. Phys. I. 358 *. Dingler's polyt. Journ. LI. 431 *.

16 Sehr viele Versuche sollen in Russland in dieser Beziehung schon im J. 1829 unter Anwendung von Kupferzinkketten vorgenommen worden sein, die bis zum heutigen Tage mit Erfolg fortgesetzt worden seien, und deren Resultate im letzten orientalischen Kriege (1856) sich bewährt haben sollen. Näheres über die Einrichtung der Zündungen im russischen Genie-Corps ist mir bis jetzt nicht bekannt geworden.

17 Dingler's polyt. Journ. LXXIII. 117 *.

18 *Mech. Mag.* XXXVI. 354 *. Dingler's polyt. Journ. LXXXV. 275 *.

19 Ibid. XXXVII. 423 *. Dingler's polyt. Journ. LXXXVI. 238 *. LXXXVII. 104 *.

20 Ibid. XXXVIII. 491 *. Dingler's polyt. Journ. XC. 14 *.

21 Dingler's polyt. Journ. CI. 103 *.

22 Ibid. CXXVI. 279 *. CXXVIII. 46 *.

23 Archiv f. d. Officiere d. k. preuss. Artillerie- und Ingenieur-Corps. IX. 120 *.

24 Ibid. XVIII. 1 *.

25 Ueber die in Frankreich für militärische Zwecke angewendete Zündungsmethode ist mir nur ein Bericht aus d. J. 1853 (Dingler's polyt. Journ. CXXXIII. 112 *) bekannt. Aus demselben geht hervor, dass man schon im J. 1844 unter Anwendung von Kohlenzinkketten die Zündung von Minenöfen vorgenommen hat, und dass jene, selbst für mehrfache gleichzeitige Zündungen, nur aus 8 bis 10 Elementen zusammengesetzt waren, wenn der Operationsraum eine Entfernung von einigen hundert Metern nicht überschritt, und nicht mehr als drei Oefen gezündet wurden.

26 Ueber die in England für militärische Zwecke benutzten Anordnungen ist mir zwar ein detaillirter Bericht nicht bekannt; hingegen sind die betreffenden Einrichtungen ohne nähere Erklärung in dem Werke: „*Aide-mémoire to the military sciences*, London 1853, Vol. I“ auf 9 Tafeln vollständig dargestellt. — Näheres hierüber findet man in der militärischen Zeitschrift: „*Papers on subjects connected with the duties of the Corps of Royal Engineers*, new Ser., London 1851, Vol. I“.

27 Welche Leistungen die Kohlenkupferbatterien darbieten, habe ich durch Untersuchungen nicht ermittelt. Sie wurden neuerdings von J. Thomsen statt der Kohlenzinkketten empfohlen (Pogg. Ann. CXI. 192 *). Als Anregungsflüssigkeiten benutzt Thomsen für die Kupferzellen ein Schwefelsäurehydrat aus 1 Th. Säure und 4 Th. Wasser, für die Kohlenzellen die von Wöhler und Buff angegebene Mischung aus doppeltchromsaurem Kali, Schwefelsäure und Wasser. Nach Thomsen soll die elektromotorische Kraft einer solchen Combination 0,9 derjenigen der Daniell'schen Kette sein.

28 Eine Platinzinkbatterie, aus 10 Elementen zusammengesetzt, kostet, wenn jede Platinplatte etwa 24 Quadratzoll Oberfläche hat, gegen 70 Thaler; eine solche Batterie mit 16 bis 18 Quadratzoll Platinoberfläche für jedes Element wird beiläufig um 45 Thaler hergestellt. — Eine aus 10 Elementen zusammengesetzte Kupferzinkbatterie der oben angegebenen Construction kostet gegen 14 Thaler, während die Kosten einer Kohlenzinkbatterie unter denselben Umständen etwa 20 Thaler betragen. — Die Unterhaltungskosten der letzteren sowohl, als auch die der Platinzinkketten stellen sich ausserdem viel höher als die der Kupferzinkkette heraus. — Bezüglich der Anschaffungs- und Unterhaltungskosten nicht constanter Ketten für den vorliegenden Zweck wurden schon gelegentlich einige Angaben gemacht.

29 Die Dicke der Drähte für verschiedene Metalle ist, wenn dieselben bei gleicher Länge denselben wirklichen Leitungswiderstand darbieten, durch die folgenden Zahlen angegeben:

Kupferdraht (aus reinem Kupfer)	1''',00	Durchmesser
Zinkdraht	1,92	„
Messingdraht	1,95	„
Eisendraht	2,50	„
Platindraht	2,58	„
Bleidraht	3,21	„
Neusilberdraht	3,40	„
Silberdraht	0,92	„
Cadmiumdraht	1,77	„
(Verzinkter Eisendraht	2,42)	„

30 Dingler's polyt. Journ. CXXXVI. 1.

Kapitel III.

Zündung mittelst des Inductionsfunkens eines elektrodynamischen (Inductions-) Apparates.

§. 77. Allgemeines über die Einrichtung der Inductionsapparate.

Es wurde bei einer früheren Gelegenheit gezeigt, dass jeder elektrische Entladungsstrom unter gewissen Umständen in einem benachbarten, von seinem Schliessungsleiter isolirten Leitungsbogen inducirte Ströme zu erzeugen vermag (siehe S. 27). Derlei Inductionswirkungen können durch Volta'sche Ströme in weit kräftigerer Weise hervorgebracht werden. Nimmt man als Schliessungsleiter einer Volta'schen Kette eine auf einen isolirenden Cylinder (aus Pappe, Holz oder Glas) aufgewickelte Drahtspirale, und umgibt letztere mit einer zweiten Spirale aus dünnerem Drahte, deren Windungen ebenso wie jene der ersten gut von einander isolirt sind, so wird man beim Schliessen der Kette durch die erste, sowie auch beim Oeffnen derselben jedesmal in der zweiten Spirale einen Strom von momentaner Dauer erzeugen. Dieser Strom heisst der inducirte oder Inductionsstrom, auch der secundäre, während in Beziehung zu diesem der in der ersten Spirale circulirende der primäre, Haupt- oder inducirende Strom genannt wird; man kann den Stromleiter der Kette die Haupt-, auch primäre Rolle, den des inducirten Stromes die Inductionsrolle oder die secundäre Spirale nennen. Schaltet man vor dem Schliessen der Hauptrolle in die Inductionsrolle ein Rheoskop ein, so bemerkt man, dass der beim Schliessen der Kette erzeugte secundäre Strom die entgegengesetzte, der beim Oeffnen der Kette entstehende Inductionsstrom die gleiche Richtung hat, wie der Hauptstrom. Nähert man die Enden der Inductionsrolle bis auf eine kleine Distanz, so entstehen sowohl beim Schliessen, als auch beim Oeffnen der Kette an der Unterbrechungsstelle mehr oder weniger starke Funken, die mit dem Entladungsfunken grosse Aehnlichkeit haben, jedoch von grösserer Dauer sind, wie jener. Nimmt man daher durch Anbringen einer passenden Vorrichtung das Schliessen und Oeffnen der Hauptrolle in taktmässiger Weise vor, so werden in der Inductionsrolle fortwährend Ströme der genannten Art erzeugt, und die hiebei an den einander gegenüberstehenden Enden des Inductionsdrahtes auftretenden Funken sind es nun, welche die Wirkungen der Entladungsfunken hervorzubringen vermögen. Ob nun die beim Oeffnen und Schliessen der Kette auftretenden Ströme jedesmal von genau gleicher Stärke sind, ob ferner die Ströme selbst, wenn auch nur von kurzer Dauer, eine bestimmte Entstehungs- und Verschwindungszeit haben, ferner nach welchen anderweitigen Gesetzen die Entstehung der secundären Ströme sich richtet, kann hier einer näheren Betrachtung nicht unterzogen werden. Nur so viel sei bemerkt, dass unter anderem die Stärke der Inductionsströme von der richtigen Wahl der Dicke und Länge des inducirenden sowohl, als auch des Inductionsdrahtes, von der Stärke des hiebei angewendeten primären Stromes, dann von der geeigneten Wirkung der Unterbrechungsvorrichtung abhängig ist, und dass im Allgemeinen mit der Zahl der Windungen der Hauptrolle die Stärke des inducirten Stromes zu-, mit

der Dicke der hiebei verwendeten Drahtsorte und deren Leitungsvermögen die Intensität des letzteren abzunehmen scheint.

Aus dem eben Erwähnten geht also hervor, dass ein Apparat, der zur Erzeugung inducirter Ströme mittelst Volta'scher Ketten bestimmt ist, aus folgenden Theilen zu bestehen hat, nämlich

1. aus der zur Erzeugung des primären Stromes gehörigen Volta'schen Kette,
2. der Hauptrolle,
3. der Inductionsrolle und
4. der Unterbrechungsvorrichtung.

Die eigenthümliche Einrichtung des Stromunterbrechers, wie dieselbe bei den gebräuchlichen Inductionsapparaten benutzt wird, gestattet nicht bloss, das Oeffnen und Schliessen des Rheomotors innerhalb äusserst kurzer Zeitintervalle vollführen zu lassen, sondern trägt auch noch zur Verstärkung des Inductionsstromes wesentlich bei. Im Allgemeinen wird die Unterbrechung und Herstellung des primären Stromes beiläufig auf folgende Weise bewirkt: Innerhalb des hohlen Cylinders, auf den die Hauptrolle aufgewickelt ist, befindet sich ein Eisendrahtbündel aus weichen Eisendrähten, von welchem das eine Ende E ausserhalb der Rolle etwas hervorragt. Mittelst eines federnden Hebels, der mit dem einen Pole des Rheomotors metallisch in Verbindung steht, wird eine kleine Eisenplatte A in einer sehr kleinen Distanz von dem hervorragenden Ende des Bündels so erhalten, dass sie in Berührung mit diesem gleichsam die Grundfläche desselben bildet. Der Hebel, an dem sich A befindet, ist an einer Stelle mit Platin belegt, und unmittelbar vor oder unter diesem Platinstreifen ist ebenfalls an der entsprechenden Stelle ein mit Platin belegtes Metallstück B angebracht, das mit dem anderen Pole der Kette metallisch verbunden ist. Wird nun die Kette geschlossen, so wird das Eisendrahtbündel magnetisch und die Folge hiervon wird also sein, dass durch die gegenseitige Anziehung von E und A die Platte A mit E in Berührung kömmt. Die Kette ist aber nur dann geschlossen, wenn B mit dem federnden Hebel der Platte A in Berührung kömmt; da nun die Einrichtung so getroffen ist, dass, wie wir unten sehen werden, die Kette geöffnet wird, sobald A mit E in Berührung steht, so wird in dieser Lage des Hebels das Eisendrahtbündel wieder entmagnetisirt, der Anker A wird wie der Hebel in seine erste Lage, in welcher derselbe mit B in Contact kömmt, zu liegen kommen (was übrigens ebenfalls nur durch eine eigene Vorrichtung in sicherer Weise bewerkstelliget wird), und auf diese Weise wird also der Strom wieder hergestellt werden. So wird also durch die Wirkung des Stromunterbrechers die Kette abwechselnd geöffnet und geschlossen werden, und sohin werden auch die Inductionsströme andauernd erzeugt, und der Apparat so lange in Gang bleiben, bis die Stromeswirkung auf irgend eine andere Weise aufgehoben wird.

Die abwechselnde Unterbrechung und Herstellung des Stromes kann aber auch ohne jenes Eisendrahtbündel bewerkstelliget werden; man kann nämlich hiefür selbständige und vom Apparate getrennte Unterbrechungsvorrichtungen benutzen, wie solche schon in früherer und namentlich in neuester Zeit in zweckmässiger Weise construirt worden sind [1]; aber die Einwirkung des Eisendrahtbündels auf

die Stärke der Inductionsströme ist so wesentlich, dass dasselbe als ein Hauptbestandtheil des Apparates betrachtet werden muss. Im Augenblicke des Entstehens des Magnetismus im Eisenkern sowohl, als auch in dem Momente des Aufhörens desselben wird nämlich ein Inductionsstrom in der Hauptrolle entstehen, der beim Oeffnen der Kette erzeugte wird daher den Inductionsstrom in der Inductionsrolle verstärken, und daher die Wirkung desselben in bedeutendem Maasse erhöhen können.

Was nun die specielle Anordnung der einzelnen Theile des Inductionsapparates betrifft, so kann darüber nach den in neuerer Zeit bekannt gewordenen Untersuchungen, insbesondere nach den von Poggendorff gefundenen Resultaten beiläufig Folgendes angegeben werden.

Für die Construction der Hauptrolle kann man eine Röhre aus Pappe, aus Glas, oder auch aus Holz wählen, die an ihren Enden mit Glas- oder Holzplatten versehen ist. Der hiefür verwendete Kupferdraht kann 1—2 Millimeter dick sein, und kann auf mehrere aneinander gesteckte Röhren aufgewickelt werden. Da die einzelnen Windungen in bester Weise von einander isolirt sein müssen, so wird hiefür doppelt übersponnener Draht verwendet, und jede Lage der Drahtwindungen mit einem geeigneten isolirenden Firniss überzogen. Was die Gesammtlänge des Drahtes, also die Zahl der Windungen betrifft, so hängt dieselbe von der Stärke der Wirkungen ab, die der Inductionsstrom hervorbringen soll. Im Allgemeinen ist diese Wirkung um so grösser, je grösser das Product aus Stromstärke des primären Stromes in die Länge des Stromleiters ist. Will man daher mit Stromquellen von geringer Stärke starke Inductionseffecte erzielen, so muss die Zahl der Windungen und die Gesammtlänge des primären Drahtes desto grösser genommen werden. Poggendorff wendete bei seinem Apparate eine aus drei Rollen zusammengesetzte Hauptrolle von 15½ Linien Durchmesser an, wobei jede einzelne Rolle mit zwei Drahtwindungen zu 100 Fuss versehen war, die man hinter- oder nebeneinander verbinden konnte, und fügte zu diesen zuweilen noch eine vierte Hauptrolle mit Draht von $0^{mm},67$ Dicke und einer Länge von 400 Fuss. — Bei einem in der Telegraphenbau-Anstalt von Siemens und Halske in Berlin construirten Apparate, den ich für meine Untersuchungen benutzte, enthält die primäre Spirale 192 Doppelwindungen eines Kupferdrahtes von $1^{mm},39$ Durchmesser, und das Gesammtgewicht des Drahtes beträgt etwa 1⅕ preuss. Pfund.

Die Inductionsrolle wird in ähnlicher Weise wie die Hauptrolle angefertiget; es dient hiebei entweder diese als Kern, über welche sodann jene gewickelt wird, oder diese Inductionsrolle wird über eine Papp- oder Glasröhre gewickelt, und mit dieser über die Hauptrolle geschoben. Was die Dicke des hiebei verwendeten Drahtes betrifft, so soll diese nicht zu klein sein; nach Poggendorff's Erfahrungen soll für die meisten Zwecke ein Kupferdraht von ¼ Millimeter Durchmesser ausreichen, während die Länge des Drahtes sich nach der Anordnung der Hauptrolle, sowie nach der der übrigen Bestandtheile des Apparates richtet, im Allgemeinen aber nach den beabsichtigten Wirkungen gewählt werden muss, und daher bei manchen Einrichtungen von bedeutender Länge ist. Ruhmkorff verwendete bei seinen Inductionsspiralen, die er im

Jahre 1851 anfertigte, Drähte von etwa $\frac{1}{3}$ Millimeter Dicke und 8 bis 10 Kilometern (24000 bis 30000 Par. Fuss) Länge; POGGENDORFF wendete Drahtlängen zwischen 10000 Fuss und etwa 14000 Fuss an. Es scheint, dass für Erscheinungen irgend welcher Art, die mittelst des Inductionsapparates hervorgebracht werden können, die Beziehung zwischen den Drahtlängen der beiden Spiralen eine bestimmte sein müsse, wenn die Stärke der Erscheinungen einen gewissen Grad erreichen soll, dass hingegen durch weitere Vergrösserung der Drahtlänge der Inductionsspirale jene Wirkungen nicht vergrössert werden können. — Bei der Anfertigung der Inductionsrolle ist der grossen elektrischen Spannung halber, welche die einzelnen Windungen annehmen, eine sorgfältige Isolation derselben unter sich und von den umgebenden Leitern nothwendig. RUHMKORFF wendete übersponnenen Draht an, und es wurde jede Lage in Gummilack getränkt*; POGGENDORFF hält es für rathsam, jede einzelne Lage der Rolle mit einem schmelzbaren Isolator — Wallrath, Stearinsäure, ein Gemisch aus Wachs und Oel, Paraffin u. dgl. —, der im erhitzten Zustande aufgetragen werden soll, zu überziehen; STÖHRER verwendete bei seinem grossen Inductionsapparate als Isolationsmittel eine Mischung aus 1 Theil weissem Wachs und 1 Theil Colophon, die im heissen Zustande mittelst eines Pinsels auf jede einzelne Lage der Inductionsrolle aufgetragen wurde, während in der jüngsten Zeit von einigen Physikern mit grossem Vortheil gereinigtes Terpentinöl benutzt worden ist. Das Aufwinden des feinen Drahtes soll nach POGGENDORFF so vorgenommen werden, dass man die Rolle ihrer Länge nach in mehrere Abtheilungen zerlegt, eine nach der anderen bewickelt, und zwar so, dass man hiebei eine ungerade Anzahl von Lagen nimmt, und die Enden des Drahtes an den entgegengesetzten Enden der Rolle auslaufen lässt.

Was endlich die Anordnung des Eisenkerns betrifft, den die hohle Hauptrolle enthält, so reicht es aus, hiefür ausgeglühte Eisendrähte von $\frac{1}{4}$ Millimeter Dicke zu nehmen, die in nicht gereinigtem Zustande, und höchstens mit einer Firnissschichte überzogen, zu einem Bündel zusammengebunden und mit einer Papierhülle umgeben werden. POGGENDORFF wendete Drahtbündel an, die aus 4200 Drähten zusammengesetzt waren, überzeugte sich aber, dass man unbeschadet der Wirkung das Drahtbündel nicht sehr dick zu nehmen braucht, und dass selbst hohle Drahtbündel angewendet werden können.

Bezüglich der Anordnung einiger anderen Vorrichtungen (des Condensators und des Entladers), wie dieselben bei vollständigen Inductionsapparaten vorhanden sein müssen, haben wir hier keine weiteren Erörterungen zu machen, da dieselben bei den für die in Rede stehenden Zwecke zu erzeugenden Wirkungen als unwesentlich angesehen werden dürfen [2].

§. 78. Ueber die mittelst des Inductionsapparates ausgeführten Zündungen. Einrichtung des Apparates für diese Zwecke.

Die ersten Versuche, um mittelst des RUHMKORFF'schen Apparates das Zünden von Minenöfen vorzunehmen, wurden gemeinschaftlich von VERDU und RUHM-

* Bei seinen in den letzten Jahren angefertigten Apparaten hat RUHMKORFF eine sorgfältigere Isolation vorgenommen; das hiezu verwendete Mittel aber ist mir nicht genau bekannt.

KORFF [3] ausgeführt. Man beabsichtigte dabei die Volta'schen Ketten durch den Inductionsapparat zu ersetzen, und mit diesem jede beliebige Zahl von Objecten gleichzeitig zu zünden. Die Beseitigung der Volta'schen Batterie ist aber begreiflicherweise hier nicht möglich, indem man eine, wenn auch geringere Zahl von Zellen zur Erzeugung der Inductionsströme, als bei der Volta'schen Zündung, braucht, wenn man als Rheomotor nicht eine andere selbständige Stromquelle, wie z. B. einen magneto-elektrischen Apparat benutzen will.

Bei ihren Versuchen benutzten VERDU und RUHMKORFF den im Nachfolgenden beschriebenen Apparat.

¼ *wirklicher Grösse.*

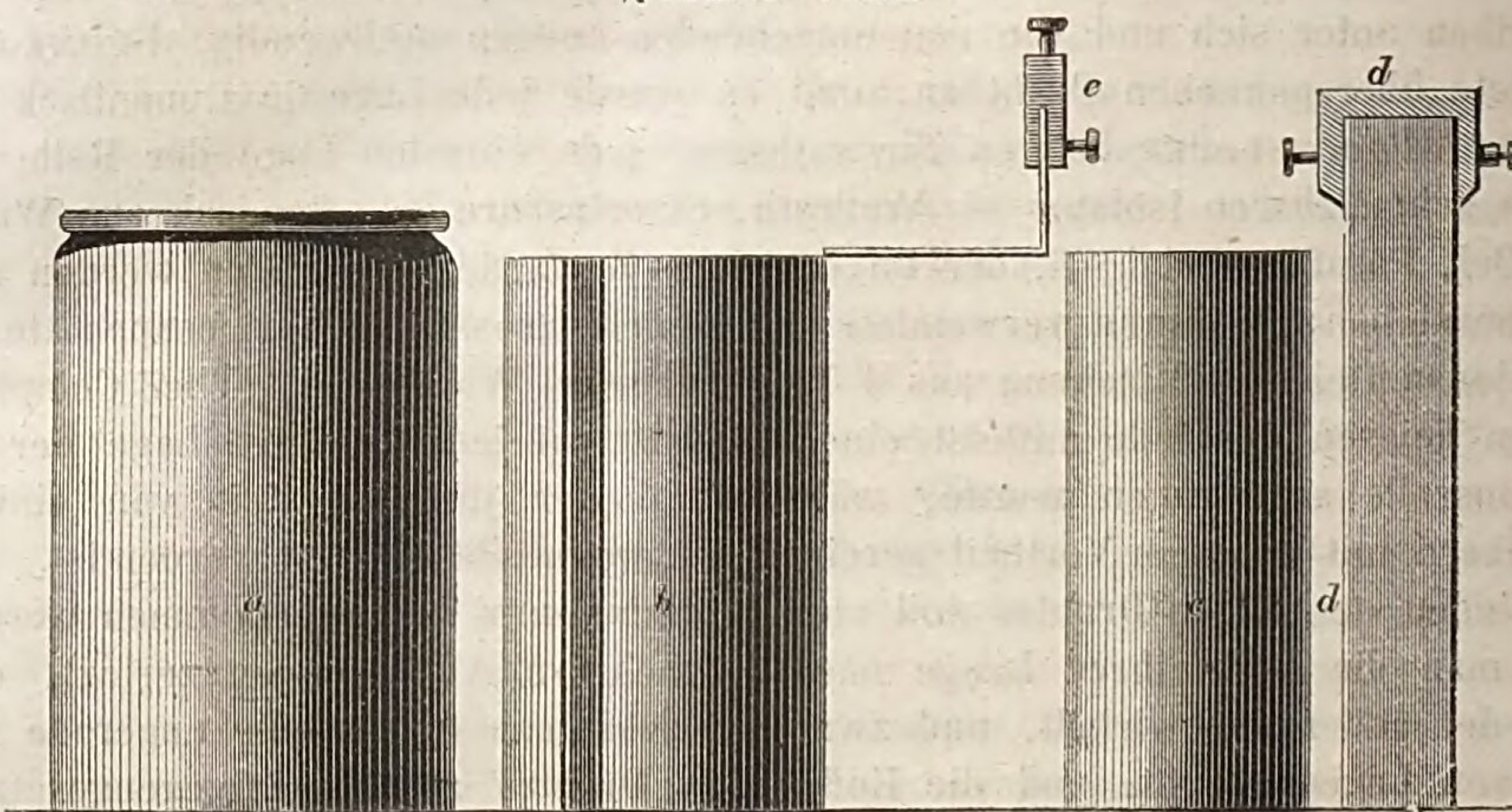


Fig. 185.

In *Fig. 185* stellt *a* ein Porzellangefäss zur Aufnahme des amalgamirten Zinkcylinders *b* dar, welcher letztere an seinem oberen Ende mit einem Drahtfortsatze und der Klemmschraube *e* versehen ist, *c* ist ein in diesen Zinkcylinder passendes poröses Diaphragma, in welch' letzteres der Kohlencylinder *d* passt. Nach dieser Construction waren die Elemente der Kohlenbatterie eingerichtet, die von VERDU benutzt wurden. Die Zinkzelle enthielt verdünnte Schwefelsäure (1 Theil Schwefelsäure auf 8 bis 10 Theile Wasser), während die Kohlenzelle mit Salpetersäure, wie solche im Handel vorkömmt, gefüllt wurde. — Der Zündapparat ist mit allem zugehörigen Detail in *Figg. 186* bis *189* (S. 435 und 436) dargestellt, und zwar stellen *Figg. 186* und *187* beziehungsweise die horizontale und vertikale Projection des Inductionsapparates, *Fig. 188* stellt die Ansicht desselben von der linken (Vorder-) Seite, *Fig. 189* die Ansicht von der rechten (oder Hinter-) Seite vor. Bei *ab* (*Figg. 186* und *187*) sind die hervorragenden Enden des Eisenbündels sichtbar, bei *c* ist das eine Ende des Drahtes der Haupttrolle, das mit der Messingsäule *d* durch den mittelst *z* drehbaren Arm *zo* (*Fig. 189*) in Verbindung gesetzt werden kann, und wobei *o* den einen Polardraht der Kette aufzunehmen hat. Das andere Ende *c* des primären Drahtes ist an der Klemme *e* befestiget, und steht hier mittelst eines Drahtes mit dem Anker *f* (*Fig. 188*) in Verbindung, der mit der Säule *g* den Unterbrecher

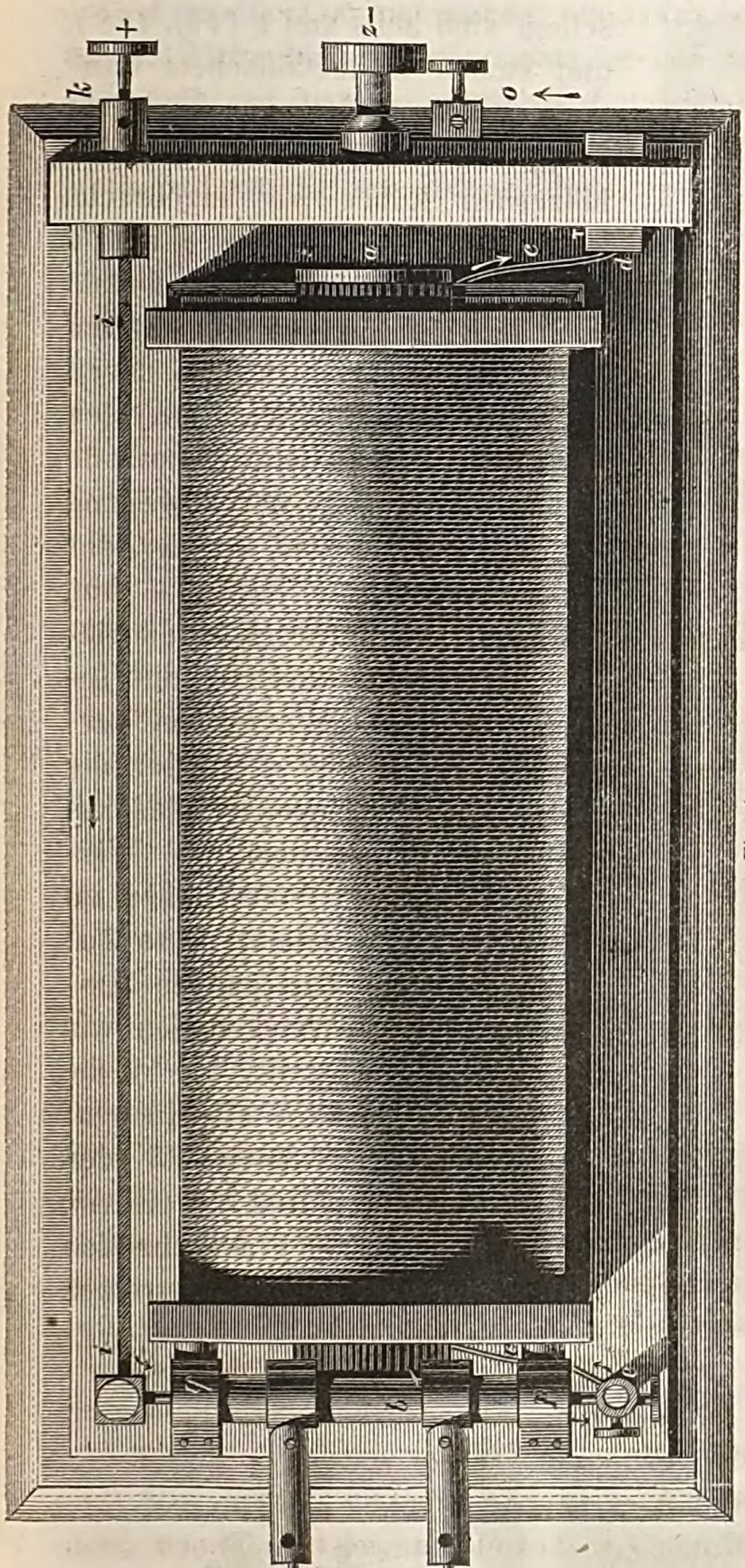


Fig. 186.

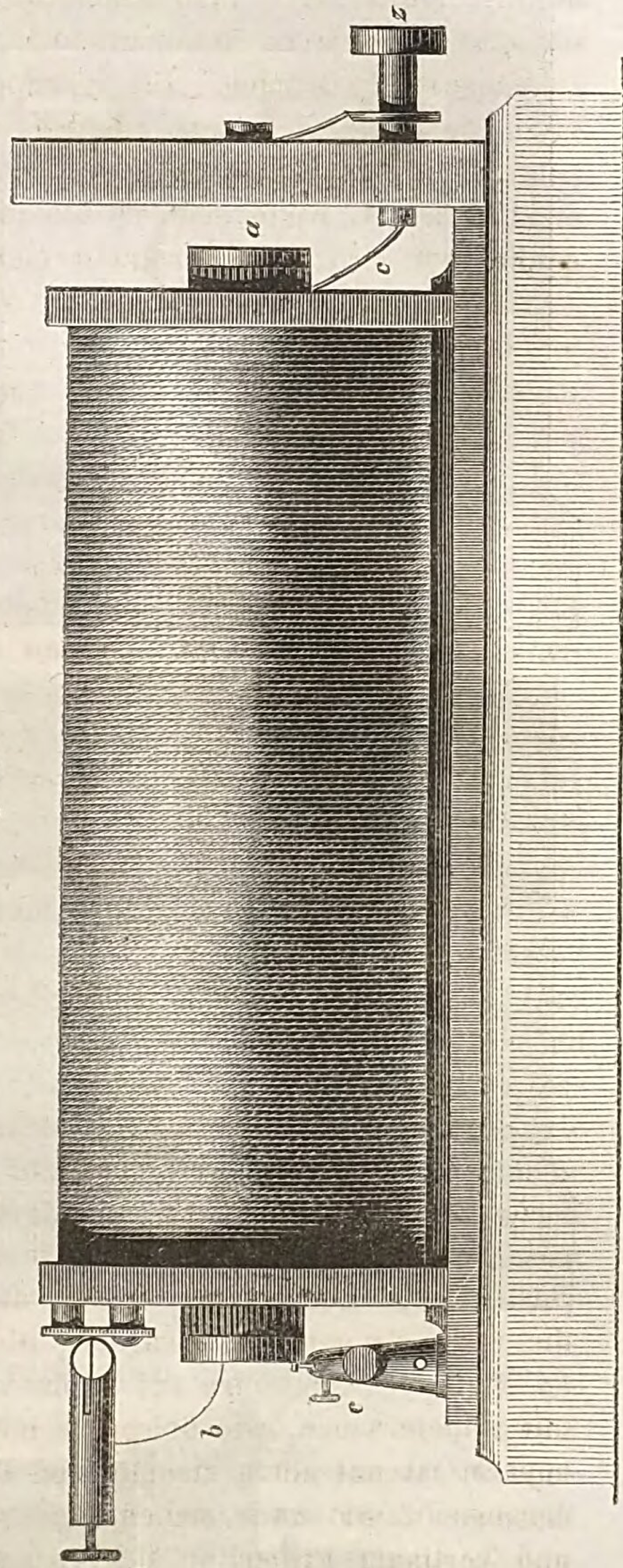


Fig. 187.

(*Figg. 186—189 in $^1/_3$ wirklicher Grösse.*)

bildet. Die Säule *g*, welche an der Stelle, wo sie mit *f* in Berührung tritt, mit Platin belegt ist, steht mittelst eines starken Kupferdrahtes mit dem Drahte *ii* in Verbindung, und letzterer trägt an dem abgewendeten Ende bei *K* eine Klemmschraube zur Aufnahme des zweiten Poldrahtes der Batterie. Die Inductionsrolle, welche bei diesem Apparate 25 bis 30000 Windungen hat, ist, in gehöriger Weise isolirt, unmittelbar über die Hauptrolle gelegt, die Enden der-

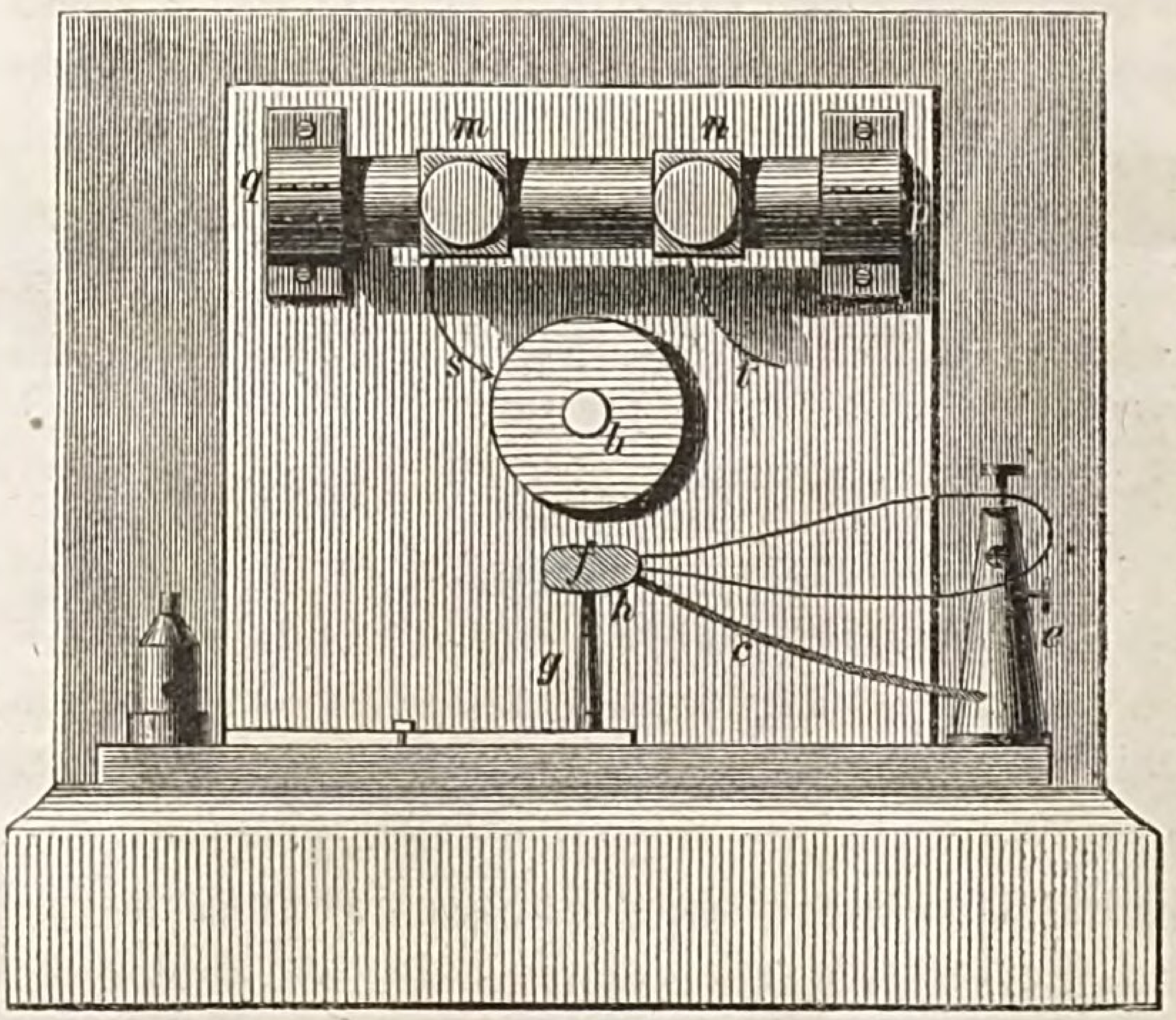


Fig. 188.

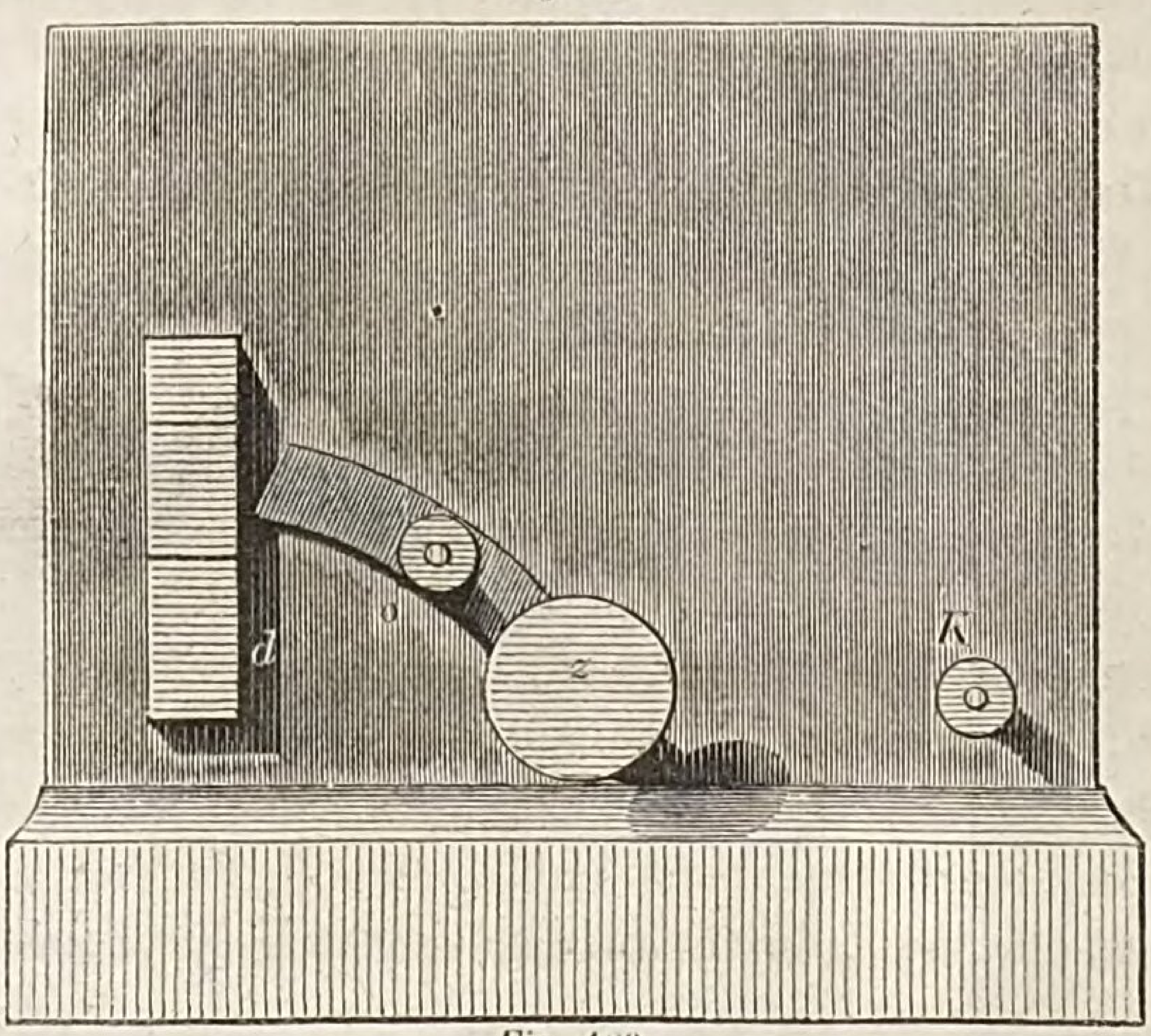


Fig. 189.

selben sind bei *s* und *t* (*Fig. 188*), und stehen in metallischem Contact mit den Säulchen *m* und *n* (*Figg. 186 — 188*), welche an der hölzernen Röhre *p q* angebracht sind. Werden nunmehr *o* und *k* mit den Polen der Batterie metallisch verbunden, so wird der Strom des Rheomotors, nach dem durch die Pfeile angedeuteten Sinn sich bewegend, durch die Hauptrolle gehen, und in Folge der Bewegung des Ankers *f* gegen *b* hin oder von dieser Stelle gegen *g* hin, abwechselnd unterbrochen und wieder hergestellt, und so die Inductionsströme zu erzeugen vermögen. Bei *m* und *n* werden die Enden des Schliessungsbogens angebracht, in welchem die Wirkungen des Inductionsstromes zu Stande kommen sollen. Eine Zusammenstellung der ganzen Einrichtung des Apparates finden wir in *Fig. 190* dargestellt, wo *A* die Stromquelle, nämlich ein Element der Bunsen'schen Kette, *B* den Inductionsapparat, und *C C* die von *m* und *n* (*Fig. 186*) ausgehenden Stromleiter des Inductionsstromes bedeuten sollen.

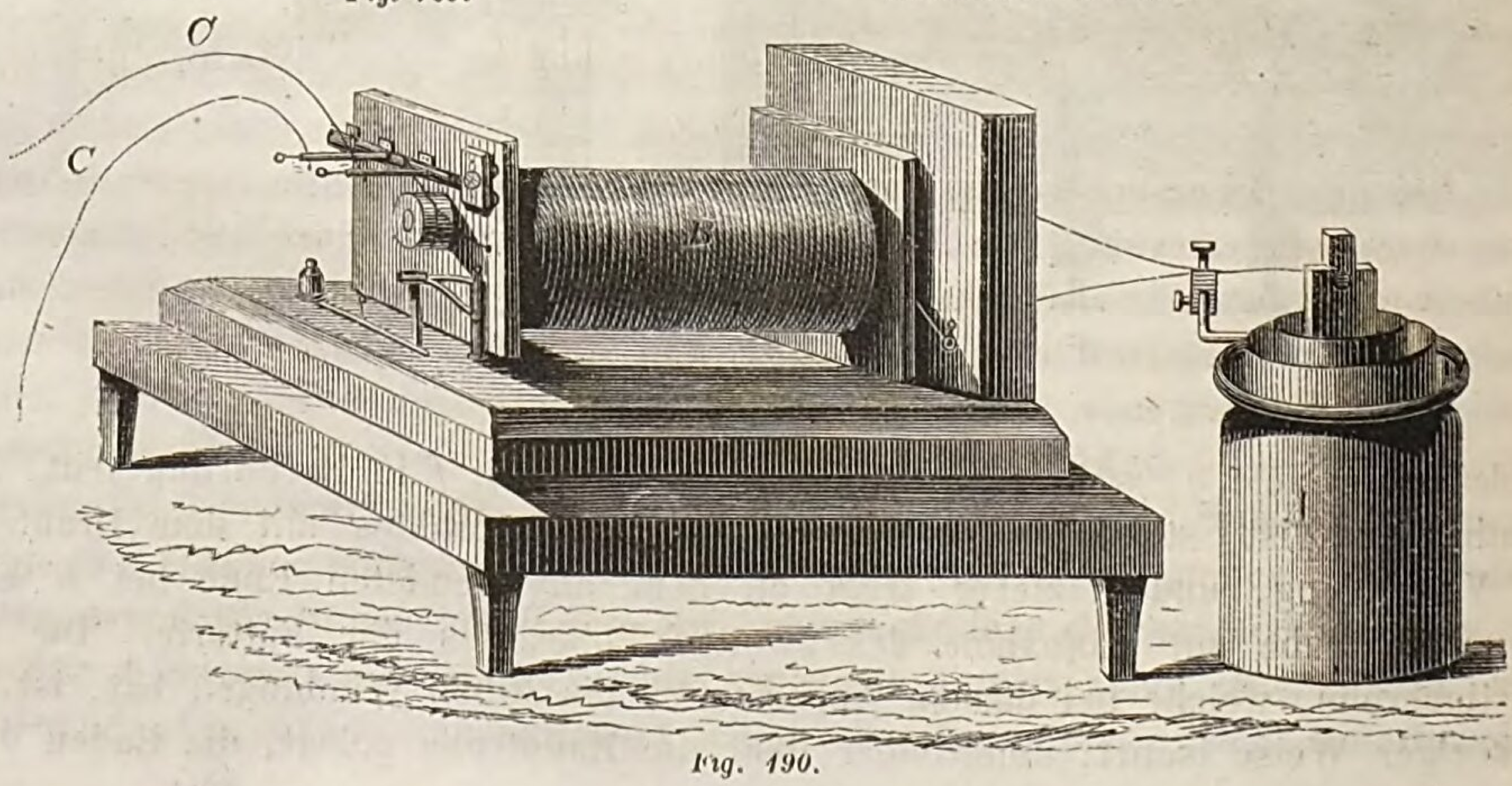


Fig. 190.

Für die Leitung wurden von VERDU Kupferdrähte von mehr als 2 Millimeter Dicke benutzt, die entweder mit Guttapercha umpresst wurden, oder die man (mittelst Anwendung der Vorrichtung *Fig. 191*) in die hiefür vorbereiteten Guttapercharöhren so weit steckte, dass nur die Enden derselben hervorragten. Einerseits werden die Leitungsdrähte mit den Säulen *m* und *n* (*Fig. 186*), andererseits mit den Enden *a* und *z* der schon früher beschriebenen und in *Figg. 129* und *130* (S. 355) abgebildeten VERDU'schen Patrone in Verbindung gebracht. Wenn es die Umstände gestatteten, so wurde die untere Leitung (nach der schon früher angegebenen Weise) durch den Erdboden ersetzt.

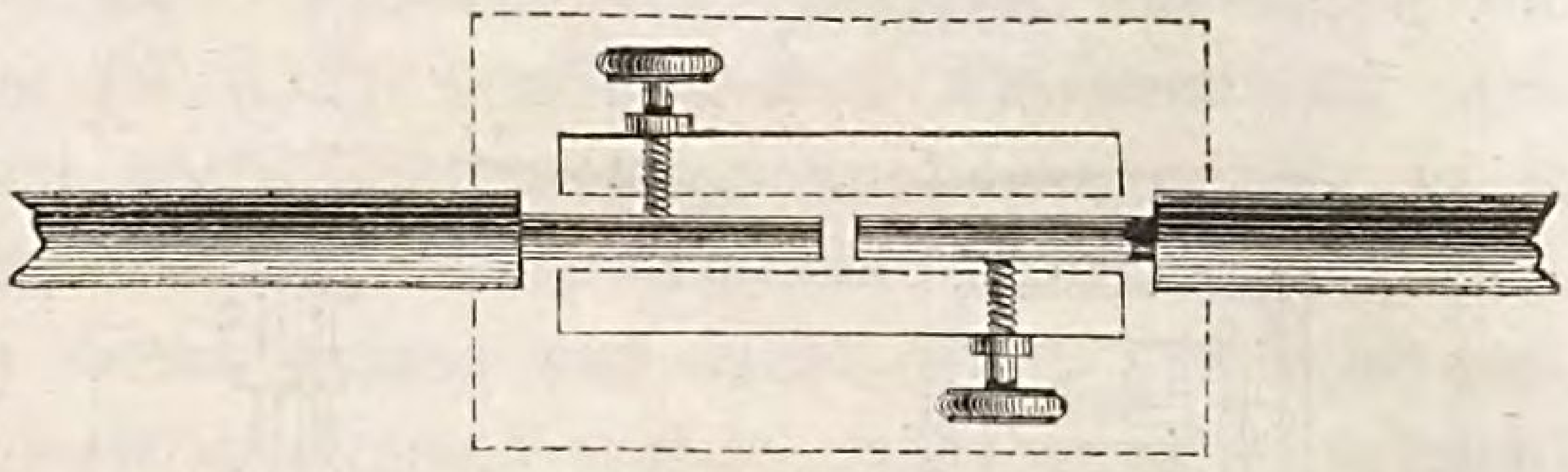


Fig. 191.

Um mehrere Oefen gleichzeitig zu sprengen, wurde die Anordnung so gemacht, wie diese durch das Schema *Fig. 192* (S. 438) dargestellt ist, wo *A* den Inductionsapparat, *B* die Volta'sche Kette, *m* und *n* die frühere Bedeutung haben, *C*, *C*, *D* die obere Leitung bedeutet, die mit einem Ende der in dem Ofen o_1 (in der Mitte des Pulvers) liegenden Patrone verbunden ist, während das andere Ende der Patrone mit dem einen Drahtende der in o_2 befindlichen u. s. w. verbunden ist, das Ende *C* mit der Erde in Verbindung gesetzt wurde. Wurde nun der von *n* ausgehende Draht mit dem Erdboden ebenfalls verbunden, und die Kette geschlossen, so konnten die fünf Oefen o_1, o_2, o_3, o_4 und o_5 gleichzeitig gesprengt werden.

Um mehrere Ofengruppen *A*, *B*, *C*, *D*, *E* (*Fig. 193*, S. 438) mittelst eines und desselben Apparates *J* hintereinander innerhalb beliebiger Zeitintervalle zu zünden, wurden die oberen Leitungen der sämmtlichen Gruppen an einem isolirenden Stabe *ab* angebracht, während das Ende *e* einer jeden Gruppe, sowie der von *n* ausgehende Draht mit der Erde verbunden war. Wenn man nun die bei *ab* isolirt von einander eingespannten Drähte nach und nach mit dem von *m* ausgehenden Draht in Berührung brachte, so konnte die beabsichtigte Explosion bewirkt werden [4].

§. 79. Betrachtungen über die im Vorhergehenden beschriebene Zündungsmethode.

Die ersten Versuchsreihen für die Anwendung des Inductionsapparates wurden, wie oben erwähnt, von VERDU und RUHMKORFF im Jahre 1853 angestellt, und zwar benutzte man hiebei die in bedeutenden Längen zu Gebote gestandenen Guttapercha-Drähte in der Fabrik von HERKMAN zu la Villette bei Paris. Bei diesen Versuchen wurden nach und nach Drahtlängen von 400, 600, 1000, 4800, 5000, 6400, 7600, 25000 und 26000 Meter angewendet, und man konnte mittelst der Inductionsströme, die durch den Strom einer aus zwei BUNSEN'schen Elementen zusammengesetzten Kette erregt wurden, jedesmal einfache und mehrfache Zündungen vornehmen. Bei einer anderen Reihe von Versuchen benutzte man anstatt der Volta'schen Kette einen CLARKE'schen (magneto-elektrischen) Apparat, und es gelang dabei bis zu den Entfernungen von 440, 1000, 1800

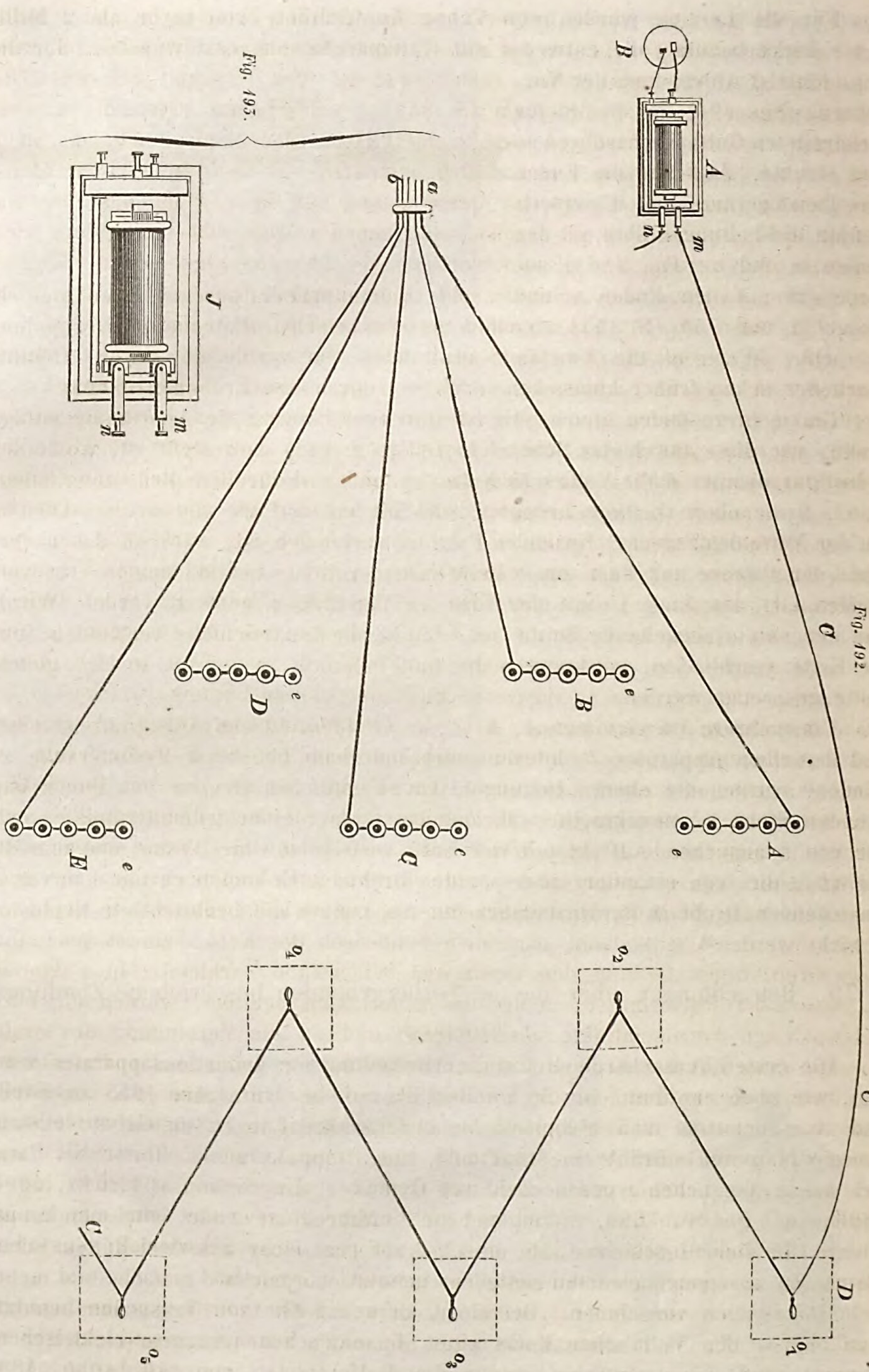


Fig. 193.

Fig. 192.

und 5600 Meter Explosionen hervorzubringen. Endlich bei einer späteren Reihe von Versuchen, die von Verdu auf dem Uebungsplatze zu Guadalaxara in Spanien ausgeführt wurden, und wobei, anstatt wie bei den früheren Versuchen die Statham'schen Zünder, die oben (S. 355) beschriebenen Patronen zur Anwendung kamen, konnten jedesmal sechs gleichzeitige Explosionen, die in je 300 Meter Entfernung von einander sich befanden, zu Stande gebracht werden [5]. Das gleichzeitige Zünden so vieler Oefen gelang nur dann, wenn das sehr empfindliche Knallquecksilber als Zündsatz genommen wurde, während andere leicht explosive Substanzen, wie Knallpulver (*poudre blanche*), Jagdpulver, Schiesswolle, eine Mischung aus Schwefel und chlorsaurem Kali für gleichzeitige Zündungen mittelst des Ruhmkorff'schen Apparates sich nicht eigneten.

Fast zu derselben Zeit, als Verdu seine Versuche in Spanien fortsetzte, wurden von Savare [6] einerseits, dann von du Moncel [7] andererseits Untersuchungen vorgenommen, und von letzterem wirkliche Sprengungen ausgeführt, wobei man aber das rasche und gleichzeitige Zünden von mehreren Minenöfen nicht durch Einschaltung aller Objecte in eine einzige Drahtleitung, sondern durch Anwendung von Zweigleitungen ausführte. Auf die von du Moncel benutzte Verfahrungsweise werden wir im Kapitel V. (§. 83) zurückkommen, und fügen hier daher nur kurz an, welche Mittel von Savare bei seinen Versuchen angewendet wurden. Da nämlich das gleichzeitige Zünden mehrerer Objecte, die in eine und dieselbe Leitung (*Fig. 192*, S. 438) eingeschaltet werden, mittelst des Ruhmkorff'schen Apparates nicht mit Sicherheit ausgeführt werden konnte, so wurden nach Savare an dasjenige Ende der oberen Leitung, welches in der Nähe der Minenöfen sich befand, so viele Zweigdrähte angelöthet, als die Zahl der zu zündenden Objecte betrug, während derselbe die Patronendrähte aus einer leicht schmelzbaren Legirung (Darcet'sches Metall, das mit Quecksilber versetzt wurde) anfertigte, und als Zündsatz entweder Schwefelquecksilber oder Zinnsulfid benutzte. Auf diese Weise hatte also jedes Object seine eigene obere Leitung, die untere Leitung aber wurde durch den Erdboden ersetzt. Bei einer auszuführenden Zündung wird daher der Apparat, wie gewöhnlich, in Stand gesetzt, und es sollte sodann, nach dem Schliessen der Kette, zuerst jene Mine explodiren, deren Leitung den geringsten Widerstand darbietet. In Folge der Explosion der Pulvermasse, in der das Object sich befindet, werden die leicht schmelzbaren Patronendrähte abschmelzen, und so die Verbindung des ersten Zweigdrahtes mit der Erde etc. aufheben; es müsste daher, bei andauernd geschlossener Kette, nunmehr die zweite, hierauf die dritte Mine etc. zur Explosion kommen, und da der Apparat hiebei fortwährend in Thätigkeit verbleibt, so könnte man auf diese Weise innerhalb eines sehr kurzen Zeitintervalles nach und nach eine beliebig grosse Zahl von Oefen — also diese fast gleichzeitig — sprengen. Das von Savare angegebene Verfahren ist zwar sehr einfach und sinnreich, aber es scheint, dass dasselbe auf praktische Schwierigkeiten führte, da es bei späteren Anwendungen nicht benutzt worden ist.

Da der Inductionsapparat, wenn zur Erregung der Inductionsströme nur eine einfache, oder eine höchstens aus zwei Elementen zusammengesetzte Kette erforderlich ist, für praktische Zwecke grosse Vortheile bieten würde, so musste

es für militärisch-technische Anwendungen von grossem Interesse sein, zu erfahren, in wie weit es als zweckmässig erscheinen könne, den genannten Apparat für Zündzwecke zu verwenden. Durch eine Reihe von Untersuchungen, die ich über die Anwendung der verschiedenen elektrischen Zündungsmethoden in den Jahren 1856 und 1857 anstellte, habe ich es versucht, einen Beitrag zur Erledigung jener Frage zu liefern. Bei meinen Versuchen benutzte ich einen Inductionsapparat, der in der Telegraphenbau-Anstalt von Siemens und Halske in Berlin ausgeführt wurde, dessen Brauchbarkeit für physikalische Zwecke von keinem anderen der mir zu Gebote gestandenen und in Beziehung auf Drahtlänge und Zahl der Windungen jenem nicht nachstehenden Apparate bis jetzt übertroffen wurde. Die primäre Spirale jenes Apparates ist aus einem $1^{mm},39$ dicken Drahte mit 192 Doppelwindungen in zwei Lagen übereinander construirt; die Inductionsrolle ist aus vier einzelnen Rollen, jede mit 37 Drahtlagen versehen, zusammengesetzt, und zwar enthält die erste 4234, die zweite 4272, die dritte 4276 und die vierte Rolle 4296 Windungen. Diese Rollen kann man paarweise, oder zu drei und zu vier unter sich verbinden; der an dem Inductionsapparate angebrachte Condensator kann in die Kette eingeschaltet, oder aus dieser ausgeschlossen werden, die Unterbrechung des Stromes wird, unabhängig von dem Eisendrahtbündel, durch einen selbständigen Apparat (*Fig. 194*) bewirkt, und in Beziehung auf den primären Strom lassen sich mehrere vortheilhafte Anordnungen treffen, deren Beschreibung für den vorliegenden Zweck als unnöthig erscheint.

Um die Entstehung der Inductionsfunken an diesem Apparate wahrnehmen und ihre Wirkung näher untersuchen zu können, verfertigte ich mir eine Vorrichtung, welche die Vorgänge bei einer Minenzündung nachzuahmen gestatten sollte, und deren Einrichtung der ähnlich war, wie sie oben (S. 401, *Fig. 161*) für die Untersuchung der Volta'schen Zündung beschrieben wurde, nur mit dem Unterschiede, dass für den vorliegenden Zweck zur Verbindung je zweier der Messingsäulchen (*Fig. 157*, S. 397) *b* und *c* zwei zugespitzte Kupferdrähte benutzt wurden, deren gegenüberstehende Enden *m* und *n* zwischen $\frac{1}{2}'''$ bis $1'''$ von einander entfernt waren, und so eine Unterbrechungsstelle bildeten. Solcher Vorrichtungen wendete ich zwei an, von welchen jede 6 Unterbrechungsstellen darbot, und um die Zündfähigkeit der innerhalb der Unterbrechungsstellen erzeugten Inductionsfunken prüfen zu können, wurden unter jene kleine Brettchen gesetzt, die mit trockenem Pulver des Varrentrapp'schen Zündsatzes bestreut wurden. Wenn man nun das eine Ende des Drahtes der Inductionsspirale mit dem ersten Säulchen des eben erwähnten Funkenbrettes durch einen Draht verbindet, während man das letzte Messingsäulchen, unter Einschaltung von beliebigen Widerständen, mit dem anderen Drahtende der Inductionsrolle verbindet, so kann man, sobald der primäre Strom hergestellt wird, die Erscheinungen, welche die Inductionsfunken unter verschiedenen Umständen darbieten, untersuchen.

Ohne nun auf das Detail jener Versuche weiter einzugehen, hebe ich die nachstehenden, mittelst derselben erhaltenen Resultate hervor:

1. Unter Anwendung einer aus zwei Kohlenzinkketten (der oben, S. 394, beschriebenen Einrichtung) zusammengesetzten Batterie entstehen

7 deutliche Inductionsfunken, wenn die sämmtlichen Inductionsrollen,
6 intensive Unterbrechungsfunken, wenn nur drei secundäre Spiralen,
2 bis 3 Unterbrechungsfunken (jedoch die letzteren sehr unsicher), wenn zwei secundäre Spiralen,
1 intensiver Funke, wenn nur eine Spirale zur Erzeugung des Stromes benutzt wird.

2. Wurde der primäre Strom durch Anwendung von vier Kohlenzinkelementen erzeugt, so konnte man unter Anwendung der vier Inductionsrollen die Zahl der wahrnehmbaren Unterbrechungsfunken bis auf 12 bringen; unter Benutzung von drei Inductionsspiralen aber auf nie mehr als 7 bis 8. — Da ich für die in Rede stehende Anwendung des Inductionsapparates die Benutzung einer grösseren Batterie, wie die letztere, nicht für zweckmässig, eine grössere Anzahl von Unterbrechungsfunken aber in keinem einzigen Falle für nöthig erachtete, so habe ich über jene Grenzen hinaus weitere Versuche nicht angestellt.

Berücksichtiget man nun die Anzahl der Windungen des Drahtes einer jeden Rolle, so ergibt sich aus den vorstehenden Resultaten, dass, unter Anwendung von zwei Kohlenzinkelementen als Rheomotor des Inductionsapparates, für die gleichzeitige Zündung von 5 bis 6 Objecten die Länge des Inductionsdrahtes nicht unter 10000 bayer. Fuss (mit 13982 Windungen) betragen dürfte, für zwei gleichzeitig zu zündende Objecte die Drahtlänge der secundären Spirale nicht unter 7500 bayer. Fuss (mit 8606 Windungen) sein soll, hingegen zur sicheren Zündung eines einzigen Objectes die Drahtlänge der secundären Spirale von 3000 bayer. Fuss (mit 4234 Windungen) ausreicht, vorausgesetzt, dass der ganze Apparat in gehöriger Weise ausgestattet ist, und in gehörigem Zustande erhalten wird.

3. Die Länge des Leitungsdrahtes, sowie seine Dicke ist innerhalb der Grenzen, auf welche sich meine Versuche erstreckten, und wobei in den meisten Fällen der Gesammtwiderstand der Leitung mehr als 180000 Widerstandseinheiten (1 bayer. Fuss Kupferdraht von 1‴ Dicke als Einheit angenommen) betrug, als ohne Einfluss auf die Intensität und die Anzahl der Unterbrechungsfunken gefunden worden.

Hiebei darf aber der Umstand nicht unerwähnt bleiben, dass, wenn an mehreren Unterbrechungsstellen gleichzeitig Funken entstehen, und die Funken intensiv genug werden sollen, entweder der Leitungsdraht, der von dem Pole ausgeht, von dem der Funke nicht überströmt, unisolirt bleiben, oder eine viel beträchtlichere Länge haben, überhaupt einen grösseren Widerstand dem Strome darbieten muss, als der andere Leitungsdraht. Dieser letztere aber muss vollständig isolirt gegen alle umgebenden Leiter sein.

4. Die an verschiedenen Unterbrechungsstellen wahrnehmbaren Funken entstehen nicht vollkommen gleichzeitig, und sind im Allgemeinen nicht von gleicher Intensität. Es folgt hieraus, dass selbst innerhalb der eben angegebenen Grenzen die Gleichzeitigkeit des Entstehens der Unterbrechungsfunken, sowie die Intensität der letzteren nicht ausreichen, um mit Sicherheit das gleichzeitige Zünden mehrerer Minenöfen mittelst des

Inductionsapparates vorzunehmen. Dasselbe Resultat zeigen auch die mit grosser Sorgfalt ausgeführten Zündversuche, die mit dem Apparate vorgenommen wurden.

Aus den hier aufgeführten Resultaten lässt sich also die Folgerung ziehen, dass die Sicherheit der gleichzeitigen Zündung von Minenobjecten unter Anwendung eines Inductionsapparates, bei welchem die Drahtlänge der Inductionsspirale nur beiläufig 14000 bis 15000 bayer. Fuss (die Zahl der Windungen dabei 17078) beträgt, unter Benutzung von nur zwei Kohlenzinkelementen zur Anregung des primären Stromes, bei weitem nicht so gross ist, dass man das Eintreten der Zündung im Voraus mit der grössten Wahrscheinlichkeit zu verbürgen vermag. — Zum sicheren Zünden eines einzigen Objectes aber reicht die oben angegebene Grösse der Inductionsspirale vollständig aus.

Da der bei jenen Versuchen benutzte Inductionsapparat überraschende Effecte hervorzubringen vermag, so schien es mir bei meinen Untersuchungen im Jahre 1857, dass mittelst eines Ruhmkorff'schen Apparates der oben (S. 434 u. f.) angegebenen Construction und unter Benutzung sehr empfindlicher Patronen vielleicht das gleichzeitige Zünden sicherer vorgenommen werden könnte, als diess bei meinen damaligen Versuchen der Fall war; die hierüber seit jener Zeit gemachten Erfahrungen haben aber diese Vermuthung durchaus nicht bestätiget. Ich hatte nämlich im Frühjahr 1859 Gelegenheit, Versuche über die gleichzeitige Sprengung von Objecten auszuführen, wobei mir der bei den ersten Versuchen benutzte Siemens'sche Apparat sowohl, als auch noch zwei andere (unter denen einer von Herrn Ruhmkorff aus Paris von der oben angegebenen Ausstattung zu diesem Zwecke bezogen wurde) zu Gebote standen; ferner habe ich bei diesen neuen Versuchsreihen nicht bloss die mit Varrentrapp'schem Zündsatz gefüllten Patronen, sondern auch solche Zünder benutzt, wie sie von Verdu und Ruhmkorff seiner Zeit verwendet wurden; aber die unter verschiedenen Umständen und mit der gehörigen Sorgfalt ausgeführten Sprengungen ergaben wieder ganz dieselben Resultate, wie ich dieselben unter alleiniger Anwendung des Siemens'schen Inductionsapparates gefunden habe. Es lässt sich daher mit Gewissheit die Behauptung aufstellen, dass das gleichzeitige Zünden von Objecten, wenn diese in einer und derselben Leitung eingeschaltet sich befinden, mit Sicherheit nicht ausgeführt werden kann, und dass also in dieser Beziehung der Inductionsapparat dem elektrischen Zündapparate nachsteht. Ob die Anwendung desselben für Kriegszwecke dennoch als zulässig, oder ob seine Benutzung nur bei Sprengungen für technische Zwecke als rathsam erscheinen könne, werden wir unten in Kürze der Betrachtung zu unterziehen versuchen.

Anmerkungen und Citate zu Kapitel III.

[1] Eine schematische Abbildung eines selbstständigen Unterbrechers finden wir in *Fig. 194* (S. 443) dargestellt. Hierin bedeutet *e* eine Messingsäule, die mit einem Pole der Kette (entweder direct oder indirect) verbunden ist, die den bei *i* drehbaren Hebel *gih* trägt, und wobei letzterer bei *h* den mittelst des Schräubchens *b* regulirbaren Anker bedeutet; ferner stellt *af* einen doppelschenkligen Elektromagneten vor, dessen Umwindungsdraht in die Kette eingeschaltet ist, während *d* die Abreissfeder andeutet, welche den Ankerhebel nach seiner Berührung mit *a* wieder so weit empor zu drehen hat, bis der bei *k* an demselben angebrachte Platinstift mit dem Ende der Contactschraube *c* in metallische Berührung

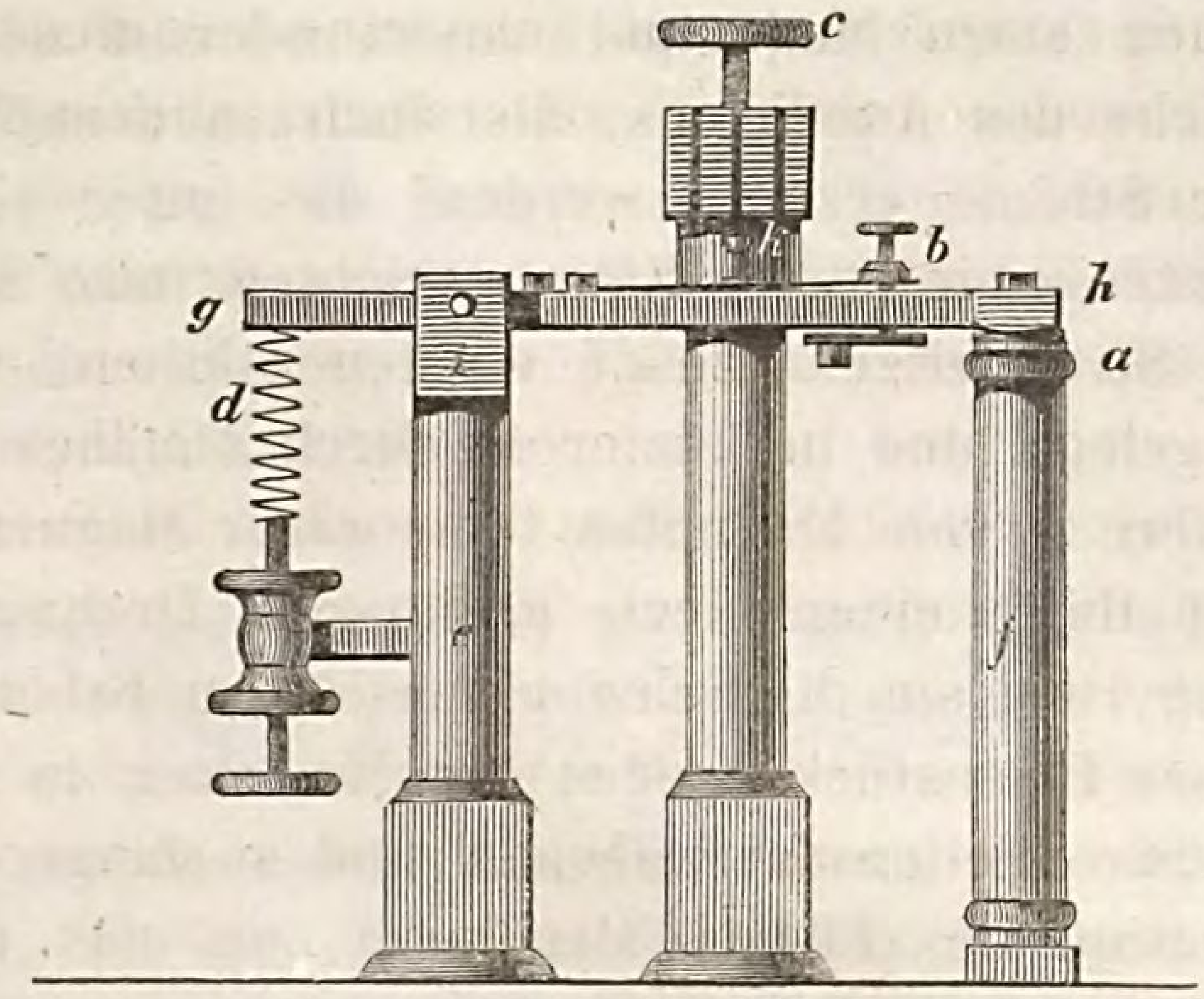


Fig. 194.

kömmt. Da die Säule, an welcher *c* sich befindet, mit dem anderen Pole der Kette in Verbindung steht, so wird bei der letzten Stellung des Hebels *gh* die Kette geschlossen, hingegen in der Lage, bei welcher *h* gegen *a* hin oscillirt, die Kette geöffnet sein müssen. — Im Uebrigen ist der bei der hin- und hergehenden Bewegung des Ankerhebels eintretende Vorgang schon zur Erörterung gekommen, und es mag daher für den vorliegenden Zweck diese fragmentarische Beschreibung ausreichen.

[2] Die bei diesen Betrachtungen benutzte Literatur ist folgende:

[a] Ueber den Ruhmkorff'schen Inductions-Apparat. Dingler's polyt. Journ. CXXXIX. 358*. *Exposé des applications de l'électricité par* Th. du Moncel, *tome premier, deuxième éd.* Paris 1858. p. 382*.

[b] J. C. Poggendorff. Beitrag zur Kenntniss der Inductions-Apparate und deren Wirkungen. Pogg. Ann. XCIV. 289*.

[c] E. Stöhrer. Ueber einen verbesserten Inductions-Apparat. Pogg. Ann. XCVIII. 104*.

[3] *Compt. rend.* XXXVI. 649*. XXXVIII. 801*. Dingler's polyt. Journ. CXXVIII. 421*.

[4] Das Nähere über die praktische Anwendung dieses Verfahrens findet man in der schon erwähnten Abhandlung Verdu's: *Nouvelles mines de guerre etc.* p. 55* u. f.

[5] *Compt. rend.* XXXVIII. 1024*. Dingler's polyt. Journ. CXXXVIII. 115*.

[6] *Compt. rend.* XXXVIII. 804*. Dingler's polyt. Journ. CXXXIII. 113*. Archiv f. d. Officiere der k. preuss. Artillerie- und Ingenieurs-Corps. XXXV. 237*.

[7] *Compt. rend.* XXXIX. 649*. Dingler's polyt. Journ. CXXXV. 370*.

Kapitel IV.

Zündung mittelst der Wärmewirkungen eines magneto-elektrischen Stromes.

§. 80. Allgemeines über die durch Einwirkung des Magnetismus erzeugten Inductionsströme.

Der magneto-elektrische Inductionsapparat kann, insbesondere in der Weise ausgeführt, wie dieses bei den Stöhrer'schen Maschinen — sowie bei denen von Siemens und Halske — der Fall ist, sowohl die Erscheinungen, welche mit der Elektrisirmaschine hervorgebracht werden können, als auch jene der Volta'schen Ströme erzeugen, und man kann daher für manche Stromeswirkungen mit Vortheil sowohl die elektrischen Apparate als auch die Volta'schen Ketten durch den magneto-elektrischen Apparat ersetzen.

Bekanntlich beruht die Einrichtung des magneto-elektrischen Inductionsapparates auf dem Principe, dass wenn man einem in sich zurückkehrenden

Leiter erster Ordnung einen Magnetpol nähert oder diesen von ihm entfernt, sowohl im Augenblicke des Annäherns, als auch in dem Momente des Entfernens in dem Leiter Ströme erzeugt werden, die unter sich gleiche Intensität haben, aber nach entgegengesetztem Sinne gerichtet sind. Solche Ströme werden daher auch in dem Stromleiter erzeugt werden müssen, wenn dieser um ein weiches Eisenstück gelegt, und in letzterem durch Annähern desselben an einen Magnetpol oder Entfernen vom Magneten temporärer Magnetismus inducirt wird. Wiederholt man mit Hülfe einer hiezu geeigneten Drehungsvorrichtung, etwa mit einer Vorrichtung, wie sie die Schwungmaschinen haben, das Annähern und Entfernen der weichen Eisenstücke gegen den Magneten in rascher Aufeinanderfolge, so wird der Stromleiter fortwährend und so lange von Strömen durchlaufen, als die Rotation des Eisens stattfindet, um das derselbe spiralförmig gewickelt ist. Schaltet man daher in den Stromleiter noch andere Körper ein, so werden in diesen ebenfalls die Ströme circuliren, und man kann also mittelst dieser Ströme in den eingeschalteten Körpern Wirkungen erzeugen, welche den durch Volta'sche Ströme hervorgebrachten ähnlich sind. Wird der Schliessungsleiter, während der eiserne Anker in Rotation sich befindet, an irgend einer Stelle geöffnet, so werden an dieser sowohl im Augenblicke des Oeffnens, als auch im Augenblicke des Schliessens des Stromleiters Funken entstehen, ähnlich wie dieses beim Oeffnen und Schliessen des Stromleiters einer Volta'schen Kette, oder eines Inductionsapparates der Fall ist.

Als inducirende Magnete kann man entweder Elektromagnete oder Stahlmagnete benutzen. Die Selbständigkeit eines derartigen Apparates erfordert es, so wie noch manche andere Umstände, bei der Einrichtung der magneto-elektrischen Inductionsapparate der permanenten oder Stahlmagnete sich zu bedienen. Der inducirende Magnet ist eine aus einer gewissen Anzahl sorgfältig aneinander geschliffener und fest mit einander verbundener *U*förmiger Lamellen zusammengesetzte magnetische Batterie, und bei grösseren Maschinen besteht der Magnet aus mehreren solchen Batterien.

Bei der von Stöhrer gewählten Anordnung, wie sie in einer eigenen Abhandlung von diesem rühmlich bekannten Mechaniker (Pogg. Ann. LXI. 417 *) beschrieben und erörtert worden ist, ist der Magnet so gestellt, dass in der Nähe seiner Pole die mit den Inductionsdrähten umgebenen Anker — bei grösseren Maschinen um eine vertikale, bei kleineren um eine horizontale Axe — drehbar sind, ferner ist ihre Drehungsaxe mit einem Commutator versehen, welcher bewirkt, dass die sämmtlichen inducirten Ströme den Stromleiter nach einem Sinne durchlaufen. — Der Apparat gestattet nun, den Inductionsstrom zur Hervorbringung von Wärmewirkungen in zweierlei Weise zu benutzen. Ist der Inductionsdraht sehr lang und von sehr geringer Dicke und der Inductionsstrom stark genug, so werden an der Unterbrechungsstelle des Schliessungsleiters, wenn hier die Drahtenden nur um sehr wenig von einander abstehen, sehr lebhafte Funken entstehen, die zur Entzündung von explosiven Stoffen ausreichen. Benutzt man aber mehrere dicke und kurze Inductionsdrähte, die von einander sorgfältig isolirt sind, so dass bei jeder Drehung in allen diesen Drahtrollen gleichgerichtete und gleichzeitige Ströme entstehen, und man führt diese sämmt-

lichen Ströme in einen und denselben Schliessungsleiter, in welchem ein kurzer und dünner Platindraht eingeschaltet ist, so wird dieser (alternirend) in den glühenden Zustand versetzt. In dem ersteren Falle ahmt also die Magnetoelektrisirmaschine die Wirkungen der elektrischen und der elektro-magnetischen Inductionsapparate nach, im letzteren Falle aber wirkt derselbe in ähnlicher Weise wie eine Volta'sche Kette.

§. 81. Einige Untersuchungen über das durch den magneto-elektrischen Strom bewirkte Drahtglühen.

Ob nun die Wirkungen des Stromes eines magneto-elektrischen Inductionsapparates ausreichen, um für die hier in Rede stehenden Zwecke, nämlich zum Zünden von Minenöfen verwendet werden zu können, muss durch Versuche, die mit einem kräftigen Apparate ausgeführt werden müssen, ermittelt werden.

Da mir solche Versuche, die mit derartigen Apparaten bis jetzt angestellt wurden, nicht bekannt geworden sind, so habe ich selbst eine Reihe von Versuchen angestellt, und zwar unter Benutzung eines Stöhrer'schen Apparates von mittlerer Grösse, der im Besitze des physikalischen Cabinetes des k. bayer. Cadetten-Corps ist.

An diesem Apparate besteht der inducirende Magnet aus drei grossen Magnetbatterien, über deren Pole sechs Inductoren drehbar sind. Mittelst eines Pachytropes kann die Verbindung der Inductoren so vorgenommen werden, dass entweder der Strom gleichzeitig in jedem der sechs, oder gleichzeitig in drei Paaren, oder endlich in dem ganzen Drahte, der die sechs Inductoren umgibt, inducirt wird. Ausserdem gestattet der Apparat die Wirkungen der gleichgerichteten Ströme sowohl, als auch die der theils gleichgerichteten, theils entgegengesetzten Ströme wahrzunehmen, nämlich die sogenannten commutirten und die nicht commutirten zu benutzen. (Näheres hierüber sehe man „Allg. Encyklopädie der Phys. XIX. 403", wo ein Apparat beschrieben ist, der mit dem eben erwähnten fast die gleiche Einrichtung hat.)

Benutzt man die dritte Verbindungsweise der Inductoren, und lässt diese in derselben Weise wirken, wie sie im Inductor entstehen (nämlich im nicht commutirten Zustande), so muss man an den Unterbrechungsstellen des Stromleiters der Kette die stärksten Inductionsfunken dieses Apparates erhalten; benutzt man die erste Verbindungsweise der Inductoren, und lässt die Ströme durch den Commutator gehen, so werden die stärksten Wärmewirkungen, die der Strom zu erzeugen vermag, im Schliessungsleiter erhalten.

Im Folgenden stelle ich einige mittlere Ergebnisse über die Wärmewirkungen der letzteren Art, nämlich über das Erglühen von Platindrähten, die in die Kette eingeschaltet wurden, zusammen:

Länge des Gesammtwiderstandes in Einheiten des Normaldrahtes.	Anzahl der Glühobjecte.	Beschaffenheit des Glühens.	Angaben der Boussole.
934 bayer. Fuss.	3	Schwaches Glühen.	6°,5
542 „ „	3	Fast Rothglühen.	7,0
930 „ „	2	Rothglühen.	7,0
1130 „ „	1	Hellrothglühen.	8,0
1522 „ „	1	Rothglühen.	—
1914 „ „	1	Schwaches Glühen.	6,7

Ein Erglühen von mehr als drei Objecten, von welchen jedes ein etwa 1 bayer. Zoll langer Platindraht der dünnsten Sorte war, kam selbst bei einer Gesammtlänge der Leitung von 400 bayer. Fuss nicht zu Stande.

Aus den obigen Zahlen ersieht man nun vor allem, dass die Gesetze des Glühens durch den magneto-elektrischen Strom dieselben sind, wie die durch Einwirkung der Volta'schen Ströme hervorgebrachten Glühwirkungen; dass ferner die Zündung von Minenöfen mit dem von mir benutzten Apparate unter folgenden Umständen vorgenommen werden kann:

Grösste Distanz des Minenheerdes vom Minenofen.	Zahl der Objecte.
250 Fuss Normaldraht	3
470 „ „	2
950 bis 960 Fuss Normaldraht	1

Die Leistungen dieses Apparates in Bezug auf Wärmewirkungen sind also von denen der oben (S. 394 u. f.) beschriebenen Kupferbatterie, aus 6 Elementen zusammengesetzt, um nicht viel verschieden.

§. 82. Einrichtung des neuen (patentirten) Stöhrer'schen magneto-elektrischen Minenzündungs-Apparates.

Die vorstehenden Versuchsresultate zeigen uns, dass der magneto-elektrische Apparat jedenfalls für die vorliegenden Zwecke benutzt werden kann, wenn man demselben die Ausstattung gibt, um bei grösserem Leitungswiderstande das Erglühen von einfachen oder mehrfachen Objecten durch die mittelst desselben erzeugten Ströme bewirken zu können.

Eine derartige Vervollkommnung ist nun von Stöhrer bei seinen Maschinen der grösseren Gattung vorgenommen worden. Die Ausstattung seines neuen Apparates dieser Art, den derselbe mit dem Namen „Magneto-elektrische Maschine für Minenzündung“ bezeichnet, ist der seiner bekannten Apparate zwar ähnlich, aber in der Weise eingerichtet, dass derselbe nicht bloss leichter gehandhabt, sondern auch ohne Beeinträchtigung der Leistungen leicht transportirt werden kann, und ist, den stationären Apparaten gegenüber, sehr vereinfacht, da derselbe nur zur Erzeugung von Glüh- (und chemischen) Wirkungen bestimmt ist, und so nur jene wesentlichen Theile, und diese in der Anordnung enthält, wie sie für die in Rede stehenden Zwecke erforderlich sind.

Die Einrichtung des Apparates ersehen wir aus den Darstellungen in *Fig. 195* und *Fig. 196** (auf S. 448). Die inducirenden Magnete bilden sechs Stahlmagnete *d*, *d* (*Fig. 195*), von welchen jeder aus 7 Lamellen zusammengesetzt ist, und die an

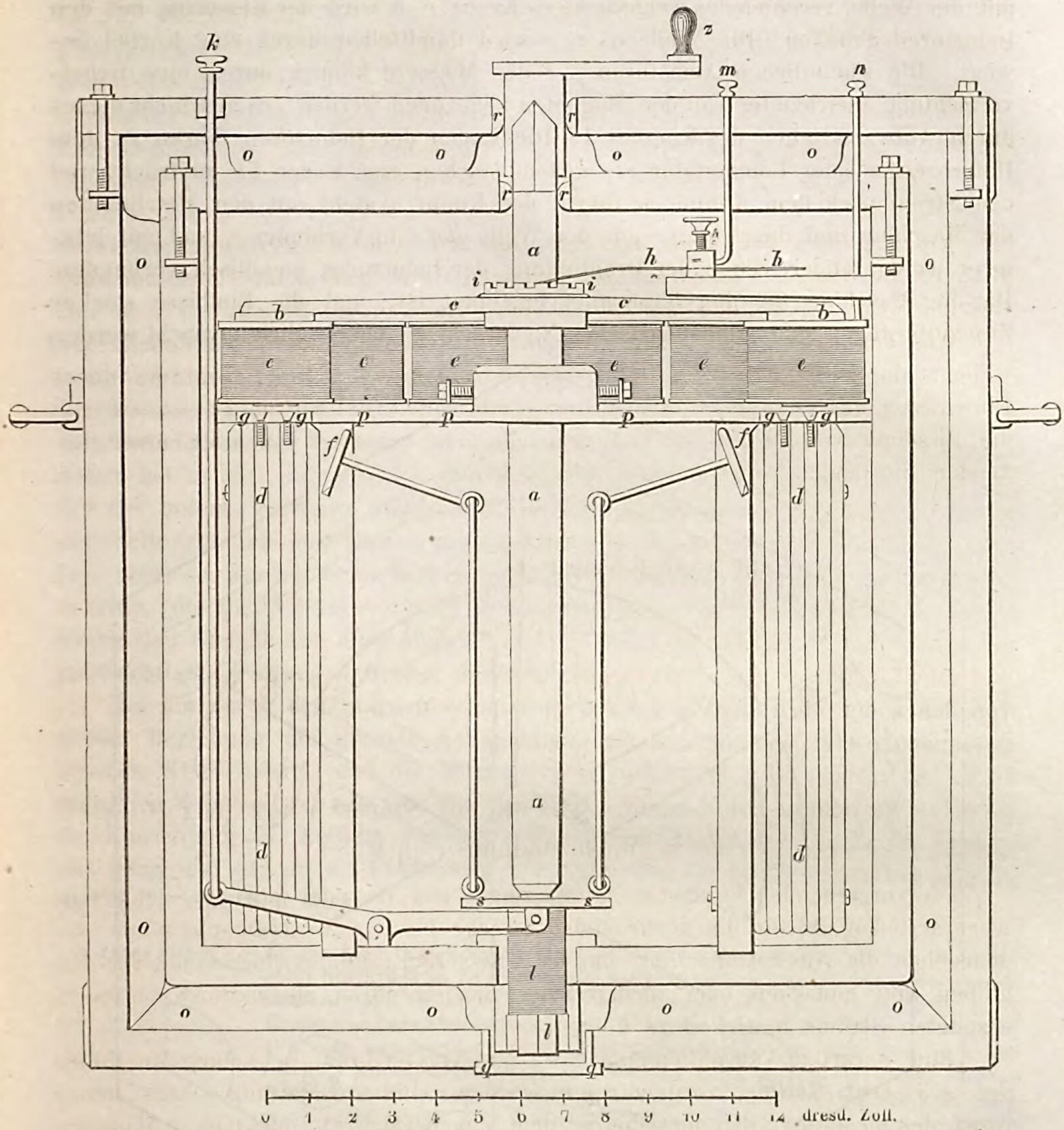


Fig. 195.

einer Messingplatte *p*, *p* festgeschraubt sind. An den Stellen, wo dieses der Fall ist, sind runde eiserne Scheiben *g*, *g* in die Messingplatte eingenietet und mit derselben auf beiden Seiten abgedreht worden. Namentlich bildet die obere Seite der Platte eine vollkommene Ebene, so dass die rotirenden Eisenkerne der

* Die nachstehenden Erörterungen sowohl, als auch die hier folgenden Abbildungen sind mir durch die Güte des Herrn Emil Stöhrer (früher in Leipzig, seit dem Jahre 1859 in Dresden) mitgetheilt worden.

Platte sehr nahe gestellt werden können, worauf bekanntlich bei Erzielung der grössten Wirkung des Apparates sehr viel ankömmt. Ein Ring von Eisen *b*, *b* trägt nach unten die zwölf Eisenkerne mit den Inductoren *e*, *e*, *e*, *e*; durch ein mit der Welle verbundenes sechsarmiges Kreuz *c*, *c* wird der Eisenring mit den Inductoren gehalten. Die Welle *a*, *a*, *a* wird unmittelbar durch eine Kurbel bewegt. Die sämmtlichen Armaturen *f*, *f* der Magnete können durch eine Hebelvorrichtung gleichzeitig von den Magneten abgezogen werden; es geschieht dieses durch Aufwärtsziehen des Knopfes *k*. Die Enden der Inductoren führen zu dem Unterbrecher oder Commutator *ii*, gegen welchen eine Feder *hh* aufdrückt und den Strom nach dem Knopfe *m* führt; der Knopf *n* steht mit den Metalltheilen der Maschine und durch diese mit der Welle *ddd* in Verbindung, und mit letzterer ist das andere Ende der Drahtleitung der Inductoren metallisch verbunden. Da die Maschine für den Transport bestimmt ist, und die Einflüsse starker Erschütterungen und atmosphärischer Niederschläge unschädlich gemacht werden

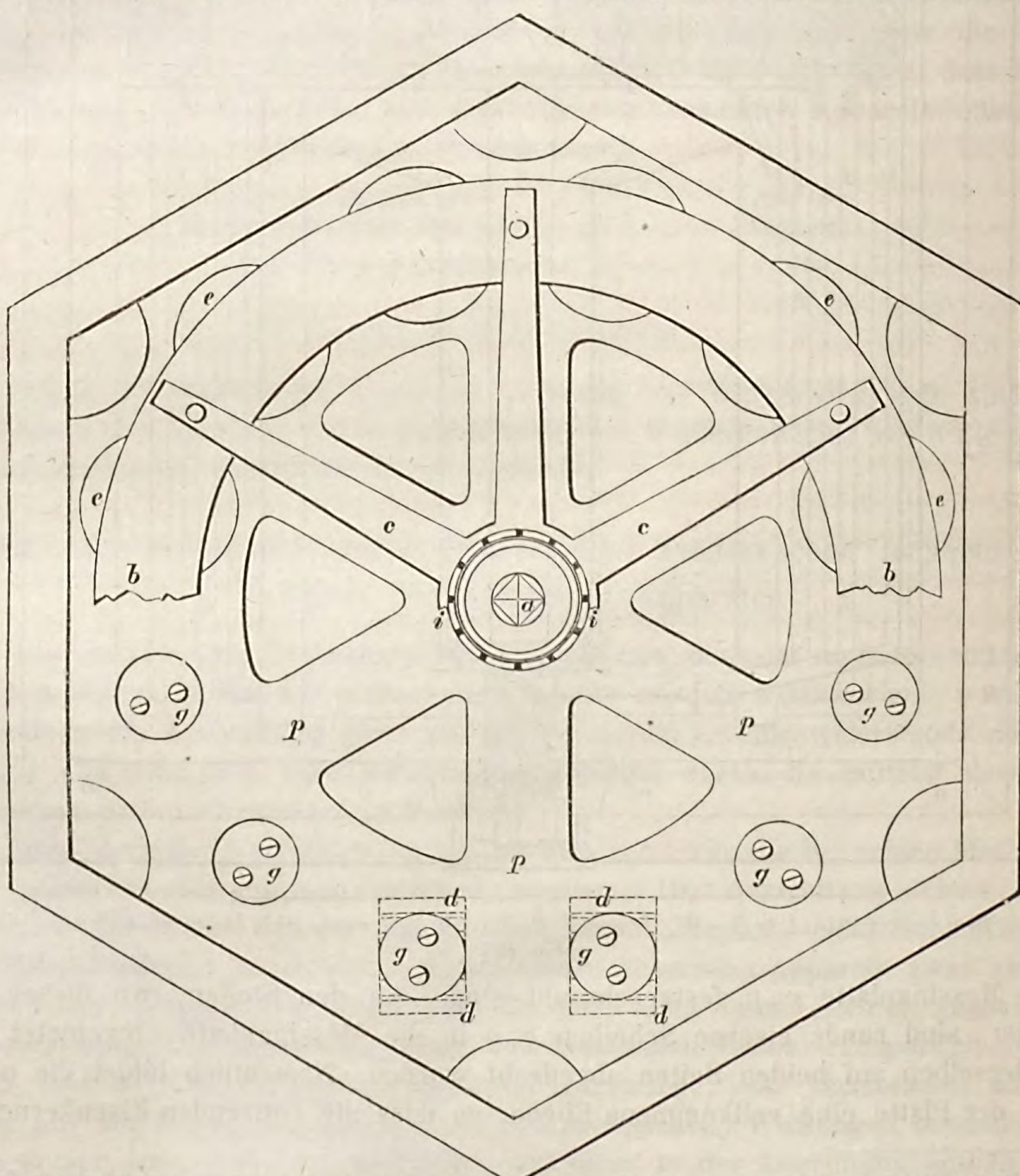


Fig. 196.

müssen, so ist dieselbe in einem doppelten sechseckigen Kasten von Eichenholz eingeschlossen, der Zwischenraum zwischen den Holzwänden ist durch Polster *oo*, *oo* ausgefüllt, während Kurbel und Welle durch Stopfbüchsen *rr*, *rr* gehen. — In *Fig. 196* (S. 448) ist (in horizontaler Projection) bei *a* die Welle, bei *i* der Unterbrecher (Commutator), bei *cc* das Messingkreuz sichtbar, *bb* ist der Eisenring, *eee* stellen die Inductionsrollen, *p*, *p* die Messingplatte, *g*, *g*, *g* die eingenieteten Eisenscheiben vor, während *dd*, *dd* die Magnete bedeuten. — Die Inductionsdrähte, nämlich die unter sich und in allen ihren Windungen unter einander vollkommen isolirten und um die cylindrischen Anker gewickelten Drähte, haben eine Dicke von 2 Millimetern, und es sind die einzelnen Enden derselben einerseits, wie bereits erwähnt, mit dem von der Welle isolirten Commutator, andererseits mit der Welle selbst in metallischer Verbindung. Bei dem im Vorstehenden beschriebenen Rheomotor bilden *m* und *n* die Pole der Stromquelle, d. h. wenn man *m* mit *n* durch einen Leiter erster Ordnung verbindet, und den Apparat in Thätigkeit versetzt, so wird in diesem Schliessungsleiter beständig ein Strom circuliren, dessen Stetigkeit von der Geschwindigkeit der Drehung des Inductionssystemes abhängig sein wird. Wird daher bei *m* die Anfangsstelle der oberen Leitung metallisch befestiget, bei *n* die der unteren Leitung, während die beiden abgerundeten und entfernten Enden der Leitungen mit den Patronendrähten in metallische Verbindung gesetzt worden sind, so werden beim Drehen der Kurbel *z* Ströme in jedem der Inductoren erzeugt, die gleichzeitig — nicht hintereinander — nach einem und demselben Sinne den Stromleiter durchziehen, und es wird so innerhalb der Patrone die beabsichtigte Wirkung auftreten müssen.

Da die durch den magneto-elektrischen Apparat erzeugten Ströme in qualitativer Beziehung die grösste Aehnlichkeit mit den Strömen der hydro-elektrischen Kette haben, und die Wirkungen derselben in dem vorliegenden Falle dieselben sein sollen, wie jene des Volta'schen Stromes, so können wir bezüglich der Einrichtung der Leitung sowohl, als auch betreffs der Anordnung der Patrone uns ganz und gar an die Erörterungen halten, wie sie beziehungsweise in §. 74 und §. 75 enthalten sind.

Anmerkung 1. Es muss zu dem Vorstehenden die Bemerkung angefügt werden, dass der eben beschriebene Stöhrer'sche Apparat nicht bloss für Minenzündungen, sondern auch für elektro-chemische Processe und Metallniederschläge im Grossen anzuwenden bestimmt ist. Wird der Apparat für elektro-chemische Processe angewendet, so bleiben natürlich alle für den Transport gemachten Anordnungen weg; die Maschine wird sodann mit einem eigenen festen Gestelle versehen, und die Bewegung der Welle und der Inductoren wird nicht durch die Kurbel, sondern mittelst eines eigenen Motors bewirkt, der etwa mittelst einer Riemenscheibe auf die Welle einzuwirken hat.

Anmerkung 2. Bezüglich des Maassstabes, nach welchem die vorstehenden Abbildungen (*Figg. 195—196*) ausgeführt worden sind, kann als Anhaltspunkt bezeichnet werden, dass die Länge eines jeden der Magnete (*d*, *d*) zwischen 12 und 13 Dresdner Zoll beträgt, wonach also die übrigen Dimensionen sich richten. Uebrigens lassen sich — nach Mittheilung des Herrn Stöhrer — derartige Apparate in kleineren sowohl, als auch in grösseren Dimensionen ausführen, weshalb also eine bestimmte Angabe des Maassstabes unnöthig wird.

Kapitel V.

Ueber die bei Ausführung gleichzeitiger und mehrfacher Zündungen zu beachtenden Umstände. — Vergleichung der verschiedenen elektrischen Zündungsmethoden unter sich. — Literatur zum zweiten Abschnitte.

§. 83. Bemerkungen über die Anordnung von Zündungseinrichtungen bei einfachen und mehrfachen Sprengungen.

Sowohl für technische, als auch für militärisch-technische Anwendungen der in den vorhergehenden Kapiteln vorgeführten Sprengungsmethoden ist es in vielen Fällen nöthig, nicht bloss ein einziges Object, sondern auch deren mehrere gleichzeitig, oder doch wenigstens unmittelbar hintereinander zur Explosion zu bringen. Welche Anordnungen man zu machen hat, um die Zündung eines einfachen Objectes vorzunehmen, ist bereits jedesmal, wenn eine der Zündungsmethoden besprochen wurde, auseinandergesetzt worden. Hier mag noch hinzugefügt werden, dass man alle jene Drahtleitungen, die im Boden sich befinden, gehörig und dadurch von einander zu isoliren hat, dass man hiefür Drähte benutzt, die mit Guttapercha doppelt umpresst sind; ferner muss erwähnt werden, dass an allen Stellen, wo die Leitungsdrähte unter sich in Verbindung gebracht werden, nur in metallischer Weise (S. 87) der Contact hergestellt werden darf und namentlich bei Anwendung der in Kap. II und IV erörterten Methoden diese Vorsicht mit der grössten Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit beobachtet werden muss. Die Verbindung von Drahtstücken unter sich und mit den Leitungen muss daher entweder durch Zusammenlöthen oder unter Anwendung von Verbindungsklemmen vorgenommen werden; bei Anwendung der Entladungs-, sowie der Inductionsfunken mag es ausreichen, die Verbindungsstellen der Leitungsdrähte bloss an einander zu hängen und mittelst eines dünnen Drahtes an einander sicher zu befestigen.

Sollen mehrere Objecte — oder auch mehrere Gruppen von Objecten — unmittelbar hintereinander oder während gegebener Zeitintervalle nach und nach gesprengt werden, so muss man für jedes der Objecte (beziehungsweise für jede Gruppe von Objecten) eine eigene obere Leitung haben, während dieselben sämmtlich mit einer und derselben unteren Leitung in Verbindung stehen können. Um nun die Zündung in bequemer Weise vornehmen zu können, setzt man vor allem an einer passenden Stelle in der Nähe der zu sprengenden Objecte einen Eisenstab in den Boden, und lässt von diesem nach dem einen Drahtende einer jeden Patrone sowohl, als auch zum negativen Pole des Zündapparates (beziehungsweise zum sogenannten Erdhaken des elektrischen Apparates) die Drahtleitung gehen, oder benutzt hiefür, wenn es angeht, den Erdboden selbst statt der unteren Leitung; von dem zweiten Ende einer jeden Patrone muss nun eine obere Leitung nach dem positiven Pole des Apparates geführt werden, wenn man die Zündung ausführen will. In die obere Leitung wird nunmehr eine sogenannte Wechselvorrichtung eingeschaltet, welche es gestattet, das Zünden irgend eines der Objecte zu einer beliebigen Zeit vornehmen

zu können. Obgleich eine derartige Wechselvorrichtung in verschiedener Weise angeordnet werden kann, so halte ich es dennoch nicht für überflüssig, beispielsweise eine von den Vorrichtungen hier zu beschreiben, wie sie bei den unter meiner Leitung vorgenommenen Uebungen öfters in Anwendung gekommen sind.

(Beiläufig 1/4 wirklicher Grösse.)

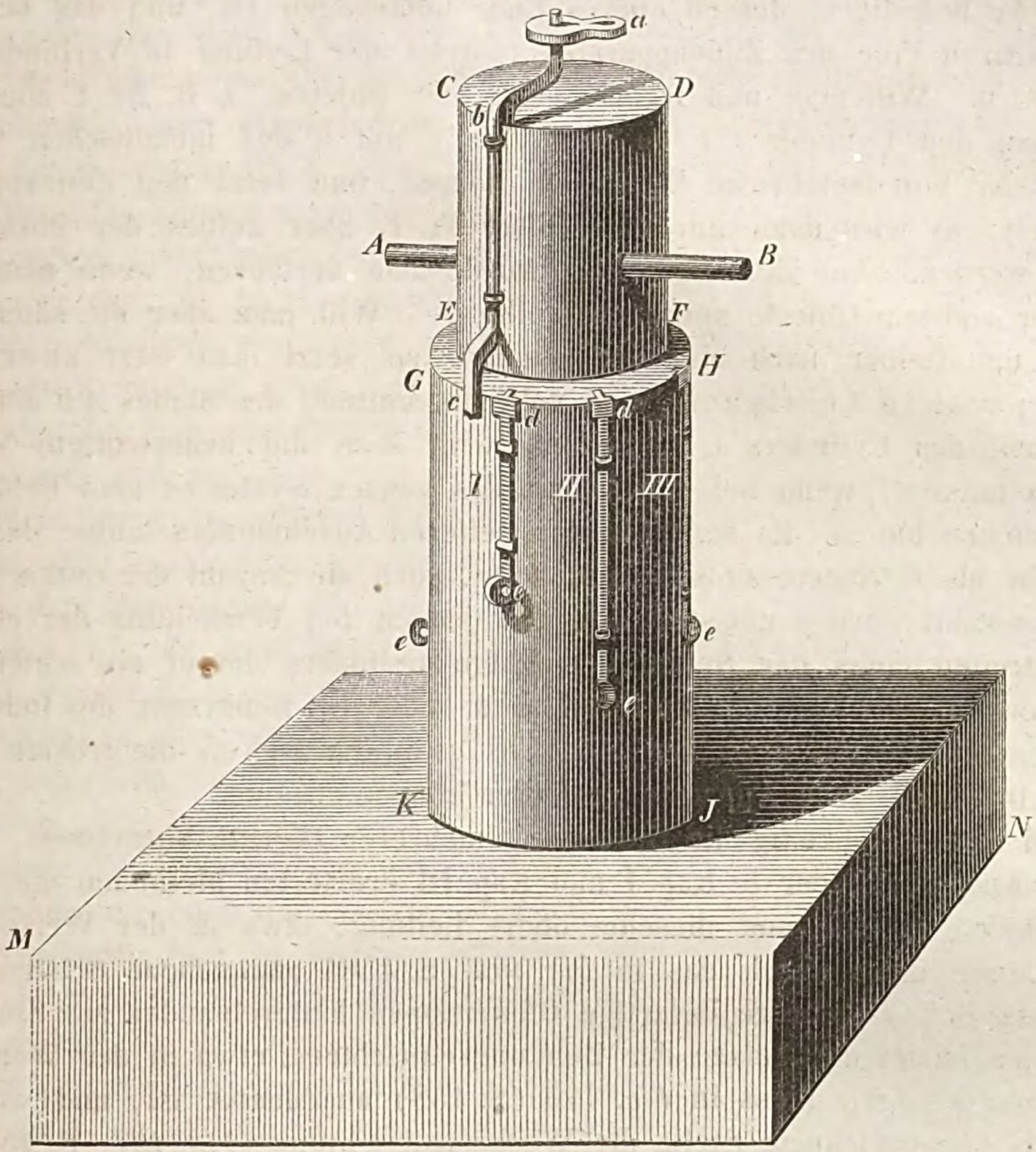


Fig. 197.

Auf einem passenden Stative oder Untersatze *MN* aus Holz (*Fig. 197*) befindet sich ein fester, in Leinölfirniss getränkter Cylinder *GHJK* aus gut ausgetrocknetem Holze; derselbe ist an seinem oberen Ende so weit ausgehöhlt, dass ein zweiter — in ähnlicher Weise ausgestatteter — Cylinder *CDFE* in demselben gedreht werden kann, ohne dabei eine weitere Verrückung in seiner Lage zu erfahren. Das Drehen des oberen Cylinders wird mittelst eines isolirenden Holzstabes *AB* vorgenommen. An dem festen Cylinder sind in gleichen gegenseitigen Entfernungen die kupfernen Contactstreifen, *de*, *de* etc. etc., deren Zahl hier sechs beträgt, von einander isolirt befestiget, und jeder derselben ist an dem oberen Ende *d* in das Holz eingelassen und breit geschlagen, an dem unteren Ende *e* aber umgebogen, so dass hier eine metallische Verbindung mit irgend einem Leiter vorgenommen werden kann. Diese Enden *e* sind nun dazu

bestimmt, um die Enden der oberen Leitungen, die von den Objecten ausgehen, aufzunehmen, und diese werden daher an die Enden *e*, die wir mit I, II, III ... VI bezeichnen wollen, angelöthet, so dass also I mit dem ersten, II mit dem zweiten Objecte etc. leitend in Verbindung steht. An dem drehbaren Cylinder *CF* ist längs einer Seite der nach unten verlängerte metallene Contactstreifen *bc* befestiget, dessen oberes Ende umgebogen ist, und das bei *a* mit dem positiven Pole des Zündapparates mittelst der Leitung in Verbindung gebracht wird. Will man nun irgend eines der Objecte, z. B. Nr. I zünden, so dreht man den Cylinder *CF* so weit, bis *c* mit *d* des metallischen Contactstreifens Nr. I in metallische Berührung kömmt, und setzt den Zündapparat in Thätigkeit: es wird dann nur das Object Nr. I, aber keines der übrigen gesprengt werden. Auf ähnliche Weise würde man verfahren, wenn man irgend eines der anderen Objecte sprengen wollte. — Will man aber die sämmtlichen Objecte unmittelbar nach einander zünden, so setzt man jetzt zuerst den Zündapparat in Thätigkeit, und vollführt mittelst des Stabes *AB* eine ganze Umdrehung des Cylinders *CF*, sodann wird auch die beabsichtigte Wirkung eintreten müssen, wenn bei der Anlage des ganzen Systemes kein Fehler sich eingeschlichen hat. — Es bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung, dass wenn man mehr als *6* Objecte zu sprengen hätte, auch die Anzahl der Contactstreifen danach gewählt werden müsste; man hat jedoch bei Vertheilung der einzelnen Contactstreifen längs der Seiten des festen Cylinders darauf zu achten, dass bei Anwendung des elektrischen Entladungs- oder bei Benutzung des Inductions-Apparates, die Distanz derselben jedenfalls grösser ist, als die grösste Schlagweite beträgt, die jene Apparate gestatten können.

Will man gleichzeitig die Sprengung mehrerer Objecte vornehmen, so hat man bei Anwendung der in Kap. I und Kap. III erörterten Methoden die sämmtlichen Objecte in eine und dieselbe obere Leitung, etwa in der Weise einzuschalten, wie diess durch das in *Fig. 192* (S. 438) angegebene Schema angedeutet ist. Sollen mehrere derartige Ofengruppen hintereinander zur Sprengung kommen, so kann die Anlage der Zündungseinrichtung etwa in der Weise ausgeführt werden, wie diess in *Fig. 193* (S. 438) angedeutet ist, und wobei an die durch *ab* bezeichnete Stelle die Wechselvorrichtung (*Fig. 197*, S. 451) eingeschaltet werden kann. — Soll man nach den in Kap. II und Kap. IV betrachteten Methoden die Sprengungen mittelst eines Glühdrahtes ausführen, so ist es zweckmässiger, hiefür verzweigte Leitungen zu wählen, wie diess für drei Objecte beiläufig durch das in *Fig. 162* (S. 409) dargestellte Schema angedeutet worden ist, wo die einzelnen Zweigdrähte von *L* und *K* aus nach den einzelnen Oefen führen. Bei Anwendung von Zweigleitungen ist es rathsam, für jeden der Zweigdrähte einen Draht zu wählen, dessen Leitungsfähigkeit grösser ist, als jene der Leitung, und man benutzt daher für solche Zwecke, wie schon oben erwähnt wurde, jedesmal Kupferdrähte aus möglichst reinem Kupfer, deren Dicke etwa $1\frac{1}{2}$ Linien beträgt. Dass ebenso, wie bei Anwendung einer einfachen Leitung, auch die in den Boden zu liegen kommenden Zweigdrähte mit Guttapercha umhüllt sein müssen, darf nicht unerwähnt bleiben.

Was die Anzahl der Objecte betrifft, die in eine und dieselbe Ofengruppe

vereiniget, gleichzeitig gezündet werden können, so ist hierüber schon das Nöthige bei früherer Gelegenheit erörtert worden. Hier mag daher noch erwähnt werden, dass unter Anwendung des elektrischen Zündapparates (§§. 63 und 64) die sichere und gleichzeitige Zündung von vielen Objecten vorgenommen werden kann, wenn der Apparat sowohl, als auch die ganze Zündungseinrichtung in bestem Zustande sich befindet, und die Sprengung nicht unter Wasser erfolgen soll. Man wird jedoch des sicheren Gelingens der Sprengungen halber niemals mehr als sechs Objecte gleichzeitig bei ernsten Zwecken einschalten. Bei Zündungen unter Wasser kann man nur unter Anwendung einer Doppelleitung, deren äussere Hülle selbst wieder mit Guttapercha umpresst sein muss, das gleichzeitige Zünden mehrerer Objecte vornehmen, während unter Benutzung einer einfachen metallischen Leitung, aus Gründen, wie sie unten zur Besprechung kommen werden, es nicht rathsam sein dürfte, selbst unter Anwendung des elektrischen Zündapparates, mehr als zwei Objecte in die Leitung einzuschalten. — Dass unter Benutzung einer Volta'schen Batterie oder eines magneto-elektrischen Apparates nur eine bestimmte Zahl von Glühobjecten gleichzeitig gesprengt werden kann, und dass hier diese Zahl von einem Apparate zum anderen wechselt, und in jedem besonderen Falle durch Voruntersuchungen ermittelt werden muss, ist oben auseinander gesetzt worden.

Bei der Anwendung des Inductionsapparates ist, wie wir schon erörtert haben (S. 441), die Ausführung von gleichzeitigen Zündungen mit grosser Unsicherheit verbunden, und es wurden daher mehrere Vorschläge gemacht, um die gleichzeitige Sprengung durch die innerhalb sehr kurzer Intervalle aufeinander folgenden Zündungen zu ersetzen *. Es kann dieses, wie wir schon bemerkt haben, auf verschiedene Weise ausgeführt werden, und wir wollen daher nur noch das von DU MONCEL benutzte Verfahren hier in Kürze vorführen. DU MONCEL hielt es für rathsam, die sechs oder acht Minen, welche das System der zu sprengenden Monsterminen gewöhnlich ausmachten, in Gruppen von je zwei zu zerlegen, von welchen jedes Gruppenpaar beiläufig nach der in *Fig. 198* angedeuteten Weise eingerichtet war, wo nämlich zwei Guttaperchadrähte in den Schacht *A B* einmünden, und nach den Galerien *C D* führend, wo die Zünder eingeschaltet sich befinden, unter einander durch den Guttaperchadraht *D F E* in Verbindung stehen. Die von ihm angewendeten Commutatoren waren von zweierlei Art. Der einfachere Commutator, der in Fällen, wo der

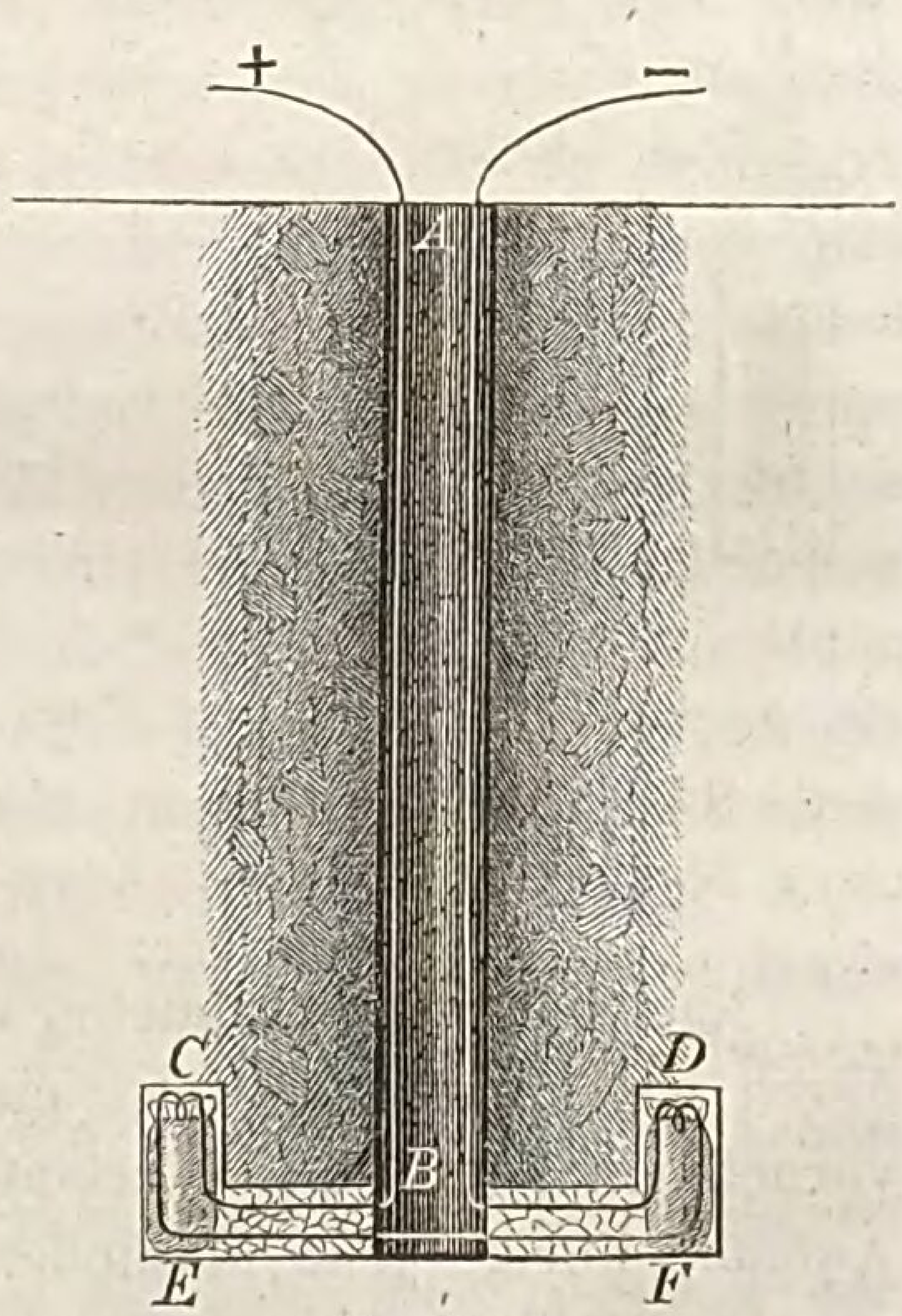


Fig. 198.

* Dass die Sicherheit, gleichzeitige Zündungen von Minenöfen mittelst des Inductionsapparates vorzunehmen, einen sehr geringen Grad besitzt, hat DU MONCEL zuerst bestätiget, indem er bemerkt: „*Or, les systèmes précédents* (nämlich die von VERDU und SAVARE), *bien que très-ingénieux, ne me paraissaient pas donner une garantie suffisante, eu égard à l'importance des résultats négatifs ou positifs qui pouvaient être la conséquence de la mauvaise ou bonne réussite de ces mines*". (*Exposé des applications etc.* p. 295.)

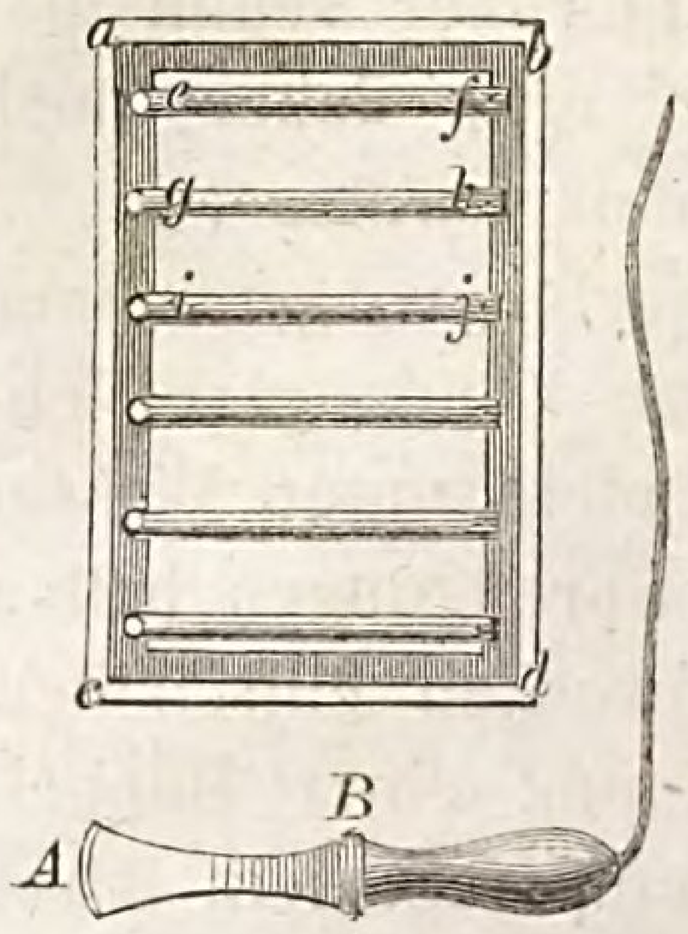


Fig. 199.

Minenofen nicht weit von dem Heerde sich befinden kann, angewendet wird, besteht aus einem Rahmen *abdc* (*Fig. 199*) aus harter Guttapercha, der an eine dicke Spiegelplatte gelegt, und die mit jenem auf einer Platte aus Mahagoniholz befestiget ist. Auf dem isolirenden Rahmen sind die convex gebogenen Kupferstreifen *ef*, *gh* etc. festgemacht, welche mit den von den Minen herausführenden oberen Leitungsdrähten einzeln verbunden sind, während der gemeinschaftliche untere Leitungsdraht zu einer biegsamen Kupferfeder *AB* führt, die mittelst eines isolirenden Handgriffes über die sämmtlichen Kupferlamellen rasch hinweggeführt wird, wenn man die Zündung vornehmen will.

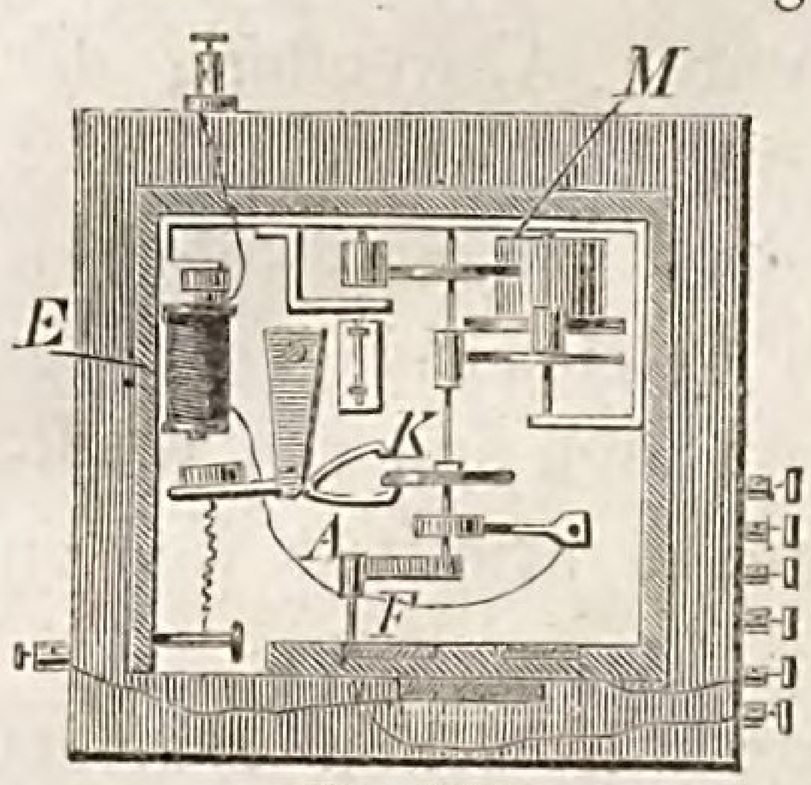


Fig. 200.

Der andere von du Moncel angewendete Commutator (*Fig. 200*) gestattet eine rasche und selbständige Ueberführung des Stromes von einer Minenleitung zur andern, und besteht aus einem Uhrwerke *M* mit dem Moderateur *K*, der die durch jenes vermittelte Drehung eines mit Kupferfedern in gleichen Abständen an seinem Umfange belegten Rades aus Hartkautschuk in eine gleichförmige verwandelt. *A* bildet die gegen jene Lamellen reibende Feder, *E* ist ein Relaismagnet, der den Apparat in Thätigkeit zu setzen und zu unterbrechen hat etc. etc. — Dieser Apparat wird bei sehr grossen Distanzen des Heerdes vom Ofen angewendet. — Endlich finden wir in *Fig. 201* die Anlage einer Zündungseinrichtung nach du Moncel — unter Anwendung des ersten Commutators — und es bedeutet hierin *M* den Apparat, *O* den Commutator und die Verbindungsweise mit den einzelnen Minenöfen *Q*, *R*, *S* etc.

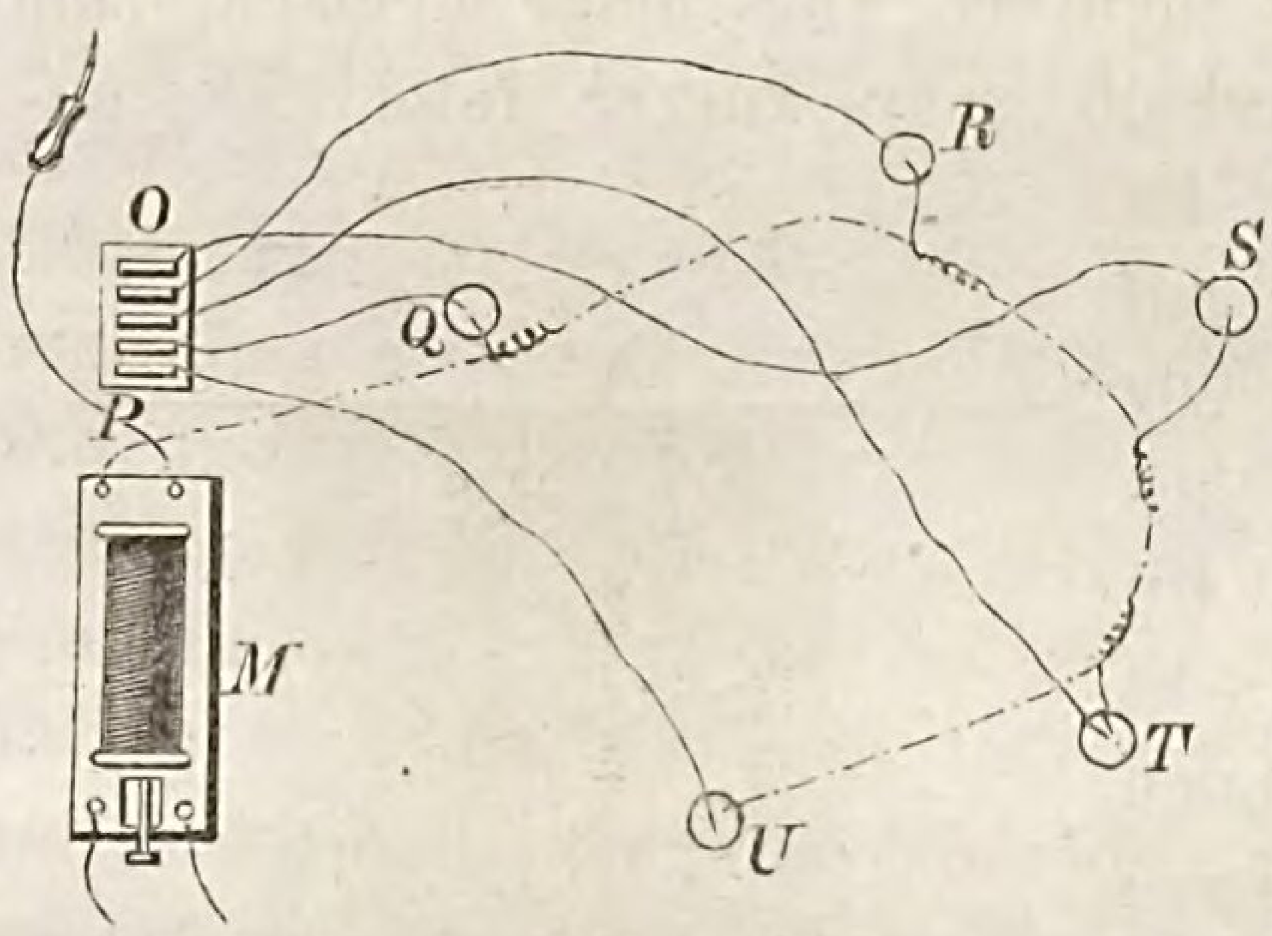


Fig. 201.

§. 84. Betrachtungen über die verschiedenen elektrischen Zündungsmethoden.

Nachdem wir nunmehr die Einrichtung der verschiedenartigen Apparate, durch welche man mittelst elektrischer Wirkungen das Zünden von Minenöfen vornehmen kann, näher erläutert haben, so bliebe uns eigentlich jetzt noch die Aufgabe übrig, jene Methoden bezüglich ihrer relativen Leistungen unter sich zu vergleichen und zu untersuchen, welcher Vervollkommnung dieselben unter Benutzung der gegenwärtig zu Gebote stehenden Mittel fähig sein könnten. Da wir aber bei der Betrachtung der einzelnen Zündungsmethoden jedesmal die Mängel einer jeden derselben hervorzuheben suchten, und da ferner die folgenden Abschnitte uns zeigen werden, für welche Anwendungen jeder der zur Kenntniss gekommenen Apparate noch für andere Zwecke sich eignet, so können

wir bei unseren gegenwärtigen Betrachtungen nur mehr die aus den ersten vier Kapiteln sich ergebenden Folgerungen zusammenstellen, und wollen daher die verschiedenen Umstände in Kürze betrachten, welche zur Erläuterung der Frage: „welche unter den bekannten Zündungsmethoden die vortheilhafteste sei?“ dienen können.

Unter den vielen bei Beurtheilung dieser Frage zu berücksichtigenden Umständen sind insbesondere die nachstehenden in Betracht zu ziehen:

1. Die Art und Weise der Ausstattung des Apparates, der Raum, den er sowohl beim Transporte, als auch bei dem Gebrauche erfordert, die Behandlungsweise desselben etc. etc.
2. Die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten des Apparates.
3. Der specielle Zweck, für welchen die Zündung mittelst des Apparates vorgenommen werden soll, und die Anforderungen, welche in Bezug auf die Zündfähigkeit, sowie bezüglich der besonderen Verwendbarkeit desselben für Zündzwecke gemacht werden etc. etc.
4. Die relative Grösse der Leistungen der einzelnen Zündapparate.
5. Die besonderen Einrichtungen und Anordnungen, welche der Apparat in Bezug auf die Leitung oder etwa bezüglich des Zündmittels erfordert.

Gehen wir zum Zweck der Erörterung dieser Umstände die einzelnen Apparate durch, so finden wir vor allem, dass der elektrische Zündapparat, insbesondere in seiner gegenwärtigen Gestalt und Anordnung (S. 342) unter allen übrigen die einfachste Einrichtung hat; derselbe lässt sich in verschiedenen Grössen ausführen und nimmt selbst bei der oben angegebenen Grösse einen Raum ein, vermöge welchem eine Aufstellung desselben, sowie der Transport leicht zulässig ist; jedoch erfordert die Behandlung desselben eine gewisse Sorgfalt, die nur von einem sachkundigen, hiefür eigens eingeübten Arbeiter in gehöriger Weise berücksichtiget werden kann, und von welcher die Wirksamkeit des Apparates wesentlich abhängig ist. Die Anschaffungskosten sind im Allgemeinen nicht gross * und die Unterhaltung desselben erfordert zwar nur sehr geringe Ausgaben, aber ohne den Apparat von Zeit zu Zeit in gehörigen Zustand zu versetzen, kann derselbe nicht benutzt werden; derselbe ist daher, obgleich schon ganz und gar vollendet, bei einer jeden neuen Versuchsreihe, ebenso wie jeder andere physikalische Apparat zuerst auf den gehörigen Grad seiner Wirksamkeit zu bringen. Da bei diesem Apparate, wenn derselbe sorgfältig behandelt wird, kein Bestandtheil einer Abnutzung unterworfen ist, so kommen weder Ausbesserungen, noch Erneuerungen an demselben vor, und er kann daher lange Zeit seinem Zwecke dienen. Welche Leistungen für die vorliegenden Zwecke von der Wirksamkeit des Apparates erhalten werden können, ist bereits schon früher auseinander gesetzt worden, und ebenso erkennen wir aus den früheren Erörterungen, dass diese Wirksamkeit sowohl von der gehörigen Isolation der Leitungen, als auch, und zwar insbesondere von der Beschaffenheit des

* Ein Apparat von der auf S. 331 u. f. angegebenen Einrichtung kostet ohne weitere Ausrüstung beiläufig 150 Gulden; die verbesserten Apparate, von welchen oben (S. 341 u. f.) Erwähnung gemacht worden ist, können gegen 300 Gulden kosten. Einfache Modelle hingegen, die für den Transport nicht eingerichtet sind, erfordern geringeren Kostenaufwand.

Zündsatzes wesentlich abhängig ist. Dass der Apparat beim Gebrauche eine eigene Bedienung bedarf, dass nämlich eine selbständige Wirksamkeit desselben, wie eine solche z. B. von einer Volta'schen Zündungseinrichtung (§. 72) angegeben wurde, nicht erlangt werden kann, bedarf keiner näheren Erläuterung, und dass eine nähere Untersuchung der Zündungseinrichtung, wie oben (§. 76) eine solche zur Sprache kam, in jener Ausdehnung hier nicht angewendet werden kann, ist schon früher erwähnt worden.

Was die Einrichtung des hydro-elektrischen Zündapparates betrifft, so finden wir vor allem, dass derselbe viel zusammengesetzter ist, als jeder der übrigen Apparate, und dass der Gebrauch desselben weit mehr Mühe erfordert, als jene. — Um über den Raum, den eine für Zündzwecke anzuwendende Batterie einnehmen könnte, einige Anhaltspunkte zu geben, wollen wir annehmen, dass hiezu eine constante Kupferzinkkette verwendet werde. Es wurde oben nachgewiesen, dass man eine Kupferzinkkette so einrichten kann, dass für alle unter gewöhnlichen Umständen vorkommende Fälle eine Batterie, aus 10—12 Elementen zusammengesetzt, vollständig ausreicht, um sowohl einfache als mehrfache Zündungen vornehmen zu können, und dass man auch mittelst derselben nach der in §. 72 angegebenen Einrichtung selbst auf die bedeutendsten Entfernungen noch zu zünden im Stande ist. Eine solche Batterie muss nun mit allen etwa nöthigen Utensilien, Reservematerialien etc. — ähnlich wie der elektrische Zündapparat [1] — ausgestattet werden, wenn sie für den praktischen Dienst ihre Verwendung finden soll. Mit einer vollständigen Ausstattung, die auf lange Zeit die Batterie in dem brauchbaren Zustand erhalten kann, kann dieselbe mindestens von einem würfelförmigen Kasten aufgenommen werden, dessen Seite etwa $1\frac{1}{2}$ Fuss lang ist*. — Die Behandlung einer Volta'schen Batterie kann jeder Arbeiter erlernen, mag derselbe mit mechanischen Arbeiten vertraut sein oder nicht, und wenn derselbe nur einige Fertigkeit im Löthen, Feilen etc. besitzt, so ist er sogar im Stande, eine Batterie vollständig zu construiren, wenn ihm das hiezu nöthige Material etc. gegeben wird. — Die Instandsetzung der Batterie erfordert jedoch mehr Zeitaufwand, als die jeder der übrigen Apparate, und diese Erneuerungen müssen nach jedesmaligem, etwa 24 stündigen unausgesetzten Gebrauche wieder vollständig vorgenommen werden, wenn, während die Batterie im Dienste sich befindet, die festen Erreger stets mit den Anregungsflüssigkeiten in Berührung bleiben. Ist letzteres nicht der Fall, so ist ein längerer unausgesetzter Gebrauch der Batterie zulässig, ohne dass eine Erneuerung der Flüssigkeiten etc. nöthig wird. — Diese umständliche Behandlung, welche die hydro-elektrischen Ketten erfordern, ferner der Umstand, dass eine Abnutzung einzelner Theile derselben eintreten muss, und die damit verbundene andauernde Conservirung der Batterie während ihres Gebrauches daher unvermeidlich ist, dann nicht minder der, vermöge welchem der ganze Schliessungsbogen in metallischer, und zwar in der sorgfältigsten Weise zu-

* Der Kasten, der eine aus 25 Elementen zusammengesetzte Kette nach meiner Construction fasst, ist 1 Fuss 2 Zoll (bayer.) lang und breit und 1 Fuss hoch, die unter demselben angebrachte Wärmevorrichtung, welche für den vorliegenden Zweck entbehrlich ist, ist 2,3 Zoll hoch; jedoch ist ein weiterer Raum für sonstige Utensilien nicht angebracht.

sammengesetzt werden muss, setzen dem hydro-elektrischen Zündapparat für den Feldgebrauch eine gewisse Grenze.

Uebrigens gibt es bei der Anwendung von Sprengungen für militärische Zwecke einzelne sehr wichtige Fälle, in welchen aus nahe liegenden Gründen die Benutzung der übrigen Apparate ganz und gar unmöglich und unzulässig ist, und wo man nur Volta'sche Ketten anwenden kann, um in einem wichtigen und entscheidenden Momente eine beabsichtigte Zündung zu bewirken. Will man z. B. einzelne Punkte, die dem Feinde nach und nach zugänglich gemacht werden könnten, und die verlassen werden müssen, der Eroberung entziehen oder zerstören, ohne dass dabei die Einlegung einer besonderen Leitung und das Zünden von einem entfernten Punkte aus möglich ist, oder will man in demselben Augenblicke, in welchem der Feind eine Brücke einzunehmen willens ist, den Flussübergang unmöglich machen, so können schon längere Zeit vorher alle hiezu nöthigen Einrichtungen angelegt werden. Eine solche Anordnung wird man dadurch machen, dass man an den betreffenden Stellen in verborgener Weise eine Volta'sche Batterie oder deren mehrere anbringt, etwa durch Eingraben in den Boden etc., die beiden Polardrähte aber an einer verdeckten Stelle, die vom Feinde betreten werden muss, mittelst einer eigenen mechanischen Vorrichtung von einander getrennt erhält, und diese Vorrichtung so einrichtet, dass sie bei etwaiger Berührung und schon durch einen nicht zu starken Druck die Kette schliesst. Sind dann in die Kette mehrere Ladungen eingeschaltet, so werden diese beim Schliessen der Kette, wenn sie mit den geeigneten Zündobjecten versehen sind, die gehörige Wirkung hervorbringen.

Es ist begreiflich, dass man derartige gefährliche Zerstörungsmittel auch im Seekrieg (und überhaupt im Kriege zu Wasser) anwenden kann, und man kann auf diese Weise nicht bloss ganze Werke durch die von der Batterie bewirkte Selbstentzündung der zugehörigen Ladungen, sondern sogar Schiffe, Schiffbrücken etc. zerstören, und so dem Feinde noch in den letzten Augenblicken, in welchen er der Eroberung sicher zu sein glaubt, seine Pläne entweder ganz oder theilweise vereiteln. Da es sich bei der Erreichung irgend eines Kriegszweckes nicht um den Kostenaufwand handeln darf, so kann man für solche Zwecke immer die Batterie so einrichten, dass dieselbe, wenn sie auch durch längere Zeit an einer verborgenen Stelle aufbewahrt und sich selbst überlassen bleiben muss, zu jeder beliebigen Zeit die zum Zünden erforderliche Stromstärke liefert; es wird diess auch um so leichter zu erreichen sein, da bei derartigen Anwendungen die zum Sprengen nöthigen Leitungen im Allgemeinen nicht lang sind, und so dem Strome keinen so beträchtlichen Widerstand darbieten, wie diess bei gewöhnlichen Zündungen der Fall ist. — (Dass man an festen Plätzen, wenn die Minen so angelegt werden, dass man von den eben besprochenen Hülfsmitteln in der ausgedehntesten Weise Anwendung zu machen in Stand gesetzt werden kann, für manche Stellen, insbesondere in der Nähe der Blockhäuser, oder der äusseren Wälle etc. grosse Erdbatterien — in der unten beschriebenen Weise — mit grossem Vortheil, wenn es nöthig werden sollte, in Gebrauch setzen kann, mag hier vorübergehend erwähnt werden. — Ebenso mag nicht unerwähnt bleiben dürfen, dass man in einfacher Weise

unter Anwendung einer aus höchstens 10 Zellen zusammengesetzten Kupferzinkbatterie die bei Beleuchtung von Minengalerien bis jetzt noch gebräuchliche Lichtquelle durch eine ganz gefahrlose ohne zusammengesetzte Hülfsmitel zu ersetzen im Stande ist.)

Bezüglich des elektro-dynamischen Inductionsapparates kann nach den oben hierüber angegebenen Erörterungen erwähnt werden, dass derselbe wohl für technische Arbeiten unter gewissen Umständen mit Vortheil bei Sprengzwecken verwendet werden kann, dass aber seine Anwendung für den Kriegsdienst auf manche Schwierigkeiten führen muss. Seine Zusammensetzungsweise zeigt uns schon, dass derselbe der unselbständigste unter allen bisher betrachteten Zündapparaten ist. Wird als Stromquelle eine — wenn auch nur zweizellige — hydro-elektrische Batterie verwendet, so bietet derselbe in der Praxis dieselben Uebelstände, wie diese von dem Volta'schen Zündapparate vorher erwähnt worden sind. Nimmt man als Erreger einen magneto-elektrischen Inductionsapparat, so wird seine Einrichtung complicirt, und derselbe für Beschädigungen noch zugänglicher und empfindlicher gemacht, als er es an und für sich vermöge seiner ursprünglichen Anordnung schon ist, während seine Transportfähigkeit hiedurch in keinem Falle erhöht wird. Ausserdem kann derselbe durch geringfügige Beschädigungen, die die Isolationsfähigkeit der Windungen und Drahtlagen vermindern, sehr leicht in den unbrauchbaren Zustand versetzt werden. Jedenfalls müsste also der ganze Apparat, dessen Behandlung an und für sich übrigens nicht schwieriger ist, als die einer Volta'schen Kette, so eingeschlossen und verwahrt werden, dass weder die Inductionsrolle, noch der Unterbrecher den äusseren Beschädigungen zugänglich gemacht sind, so dass nur die Drahtklemmen zur Aufnahme der Polardrähte, sowie die für die Leitung aussen angebracht sich befinden, und zur Erregung des Inductionsstromes darf niemals ein stärkerer primärer Strom verwendet werden, als die Umstände es erlauben. Eine Verbesserung eines einmal in der genannten Weise beschädigten Apparates kann nur von sachverständigen Arbeitern, und zwar nicht innerhalb einer so kurzen Zeit vorgenommen werden, als diess beim Austauschen unbrauchbar gewordener Bestandtheile einer Batterie gegen neue der Fall ist. — Uebrigens ist der Ankaufspreis derartiger Apparate nicht hoch, und es könnten daher da, wo man von ihrer Anwendung zum Sprengen nicht abstehen will, immer mehrere Reserve-Exemplare vorräthig gehalten werden. — Dass man mittelst des Inductionsapparates nur ein Object sicher zünden kann, und dass man das gleichzeitige Zünden mehrerer Objecte nur durch Benutzung von mehrfachen Leitungen vorzunehmen im Stande ist, wurde früher schon umfassend genug auseinandergesetzt.

Endlich haben wir noch den magneto-elektrischen Zündapparat in Erwähnung zu bringen. Dieser Apparat bietet einige bedeutende Vortheile, die wir nicht übersehen dürfen. Derselbe ist nämlich so eingerichtet, dass alle weiteren Vorbereitungen, wie solche bei den vorher betrachteten Apparaten jedesmal sich wiederholen müssen, hier ganz wegfallen, indem der Apparat zu jeder Zeit, sobald die Leitung etc. hergestellt ist, unmittelbar benutzt werden kann. Seine Behandlung ist äusserst einfach, indem durch das Emporziehen

des Hebels bei *k Fig. 195*, S. 447, zuerst die Anker abgehoben, hierauf durch Drehung der Kurbel der Apparat in Wirksamkeit versetzt, und nach beendigter Operation die Stange *k* wieder niedergedrückt wird, um die Anker *f*, *f* wieder in ihre erste Lage zurückzuführen. Die Unterhaltungskosten fallen hiebei ganz und gar weg, der Apparat kann transportabel gemacht werden, und die Anschaffungskosten sind für einen grösseren Apparat dieser Art nicht viel höher, als die eines elektrischen Zündapparates der neuesten Art. Jedoch sind die magnetoelektrischen Apparate weit schwerfälliger für den Transport, wie diese, ihre Conservirung ist schwierig zu erlangen, da die permanenten Stahlmagneten sowohl durch Erschütterungen, als auch durch Temperatureinflüsse an Kraft mit der Zeit verlieren, während bezüglich der Leistungen derselben schon oben Erwähnung gemacht worden ist.

Nachdem wir die am Anfange dieses Paragraphes angeführten Umstände nunmehr so weit als es nothwendig war, in Betracht gezogen haben, so werden wir in jedem besonderen Falle leicht entscheiden können, welche von den bisher erörterten Zündungsmethoden als die vortheilhaftere angesehen werden darf. Man hat aber jedesmal wohl zu unterscheiden, ob die Zündung für technische Zwecke, oder für den Kriegsdienst vorgenommen werden soll. Im ersteren Falle hat man unter Anderem besonderes Gewicht auf die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten der Apparate zu legen [2]; im letzteren aber hat man den Dienst an und in festen Plätzen von den eigentlichen Operationen im Felde wohl zu unterscheiden. In diesem Falle wird dann offenbar derjenige Apparat, der unter sonst gleichen Umständen unter Anwendung einer einzigen Leitung die Sprengung von vielen Objecten in sehr grossen Distanzen sicher bewerkstelligen lässt, wohl der vortheilhafteste sein.

Anmerkungen zu Kapitel V.

[1] Ein transportabler elektrischer Zündapparat nach der von Ebner'schen Anordnung, wie derselbe in der Telegraphenbau-Anstalt der Herren Siemens und Halske zu Wien angefertiget wird, enthält in einer und derselben Kiste alle Bestandtheile des Apparates sowohl mit den Reservestücken, zu welchen ein Reserve-Condensator gehört, als auch die zur Instandsetzung des Apparates nöthigen Utensilien, sowie auch die zur Herstellung der Leitung nothwendigen Drähte — nämlich eine Guttaperchatrommel mit 400 österr. Klaftern Guttaperchadraht — und Werkzeuge verpackt, und ist überhaupt so vollständig eingerichtet, dass man zu jeder beliebigen Zeit und an irgend einem passenden Platze auf freiem Felde oder in einer Hütte u. dgl. den Apparat herrichten, die Zündung anlegen und die Sprengung ausführen kann.

[2] In Beziehung auf die Anschaffungskosten von Volta'schen Batterien für Sprengzwecke sind schon oben gelegentlich die nöthigen Andeutungen gemacht worden. Hier mag noch die Bemerkung hinzugefügt werden, dass Schmidhuber bei Anwendung der Roberts'schen Eisenzinkbatterie den Kostenaufwand beim Felsensprengen für einen Schuss zu 14,2 Pfennige angibt; nach Castel beträgt der Aufwand für einen Schuss unter Anwendung der Kohlenzinkbatterie mit 2 Flüssigkeiten bei einer Kupferdrahtleitung nur 11,76 Pfennige, und soll unter Anwendung einer Eisendrahtleitung auf 7,2 Pfennige herabgesetzt werden. Bei Anwendung seiner Elektrisirmaschine berechnete Gätzschmann den Aufwand für einen Schuss zu 7,556 Pfennige. — (Näheres hierüber sehe man: Jahrb. f. den Berg- und Hüttenmann. 1846. p. 18. — *Ann. d. mines.* (5) II. 211. — Civil-Ingenieur. N. Folge. I. 50*.)

§. 85. Literatur über das Zünden von Minen mittelst elektrischer Wirkungen.

Die im Folgenden aufgeführte Literatur soll im Allgemeinen den Entwickelungsgang des in Rede stehenden Gegenstandes darstellen; sie gehört zum grössten Theile der neuesten Zeit an, möchte aber noch mancher Ergänzung fähig sein, da bei der Zusammenstellung derselben nicht alle technischen und militärischen Zeitschriften dem Verfasser zugänglich waren, die hierüber noch anderweitigen Aufschluss zu geben vermögen.

1745. W. Watson. Entzünden des Schiesspulvers mittelst des elektrischen Funken. (S. S. 360.)

1750. B. Franklin. Zünden von Patronen mittelst des elektrischen Entladungsfunken. (S. S. 360.)

1769. J. Priestley. Minen, durch elektrische Explosionen in Brand zu setzen. Priestley Gesch. d. El. p. 474 u. f.

1778. T. Cavallo. Weitere Vortheile, die man aus der Elektricität ziehen könnte. Vollständige Abhandlung der theoretischen und praktischen Lehre von der Elektricität. Aus d. Engl. 4. Aufl. Leipzig 1797. Bd. II. p. 371 u. f.

1812. Schilling, *in 1812, proposed to blow up mines by galvanism. He ignited the powder by means of pieces of charcoal, and invented an „electro-conducting cord" to convey the electric flind to the desired locality. Journal of the Society of Arts, July 22, 1859.* p. 598. *Abridgments of specifications relating to electricity and magnetism, their generation and applications.* London 1859. p. LX.

1823. Snow Harris. Anwendung des elektrischen Entladungsfunken zum Entzünden von Schiesspulver. Dingler's p. J. LXXIII. 125.

1831. Moses Shaw. Patent-Sprengmethode. Dingler's p. J. XLII. 387.

1832. R. Hare. *Application of galvanism to the blasting of rocks. Mech. Mag.* XVII. 266—267.

1834. R. Hare. *Description of a galvanic apparatus for blasting rocks. Mech. Mag.* XX. 225—229.

1834. Th. Solly. *Blasting rocks of galvanism. Mech. Mag.* XX. 396—397.

1837. *Rock-Blasting by lighting. Mech. Mag.* XXVI. 95.

1838. Martyn Roberts. *On the application of galvanism to the blasting of rocks. The transactions and the proceedings of the London electrical Soc., from 1837 to 1840.* London 1841. p. 77—78.

1838. Bethell. *Blasting by galvanism. Franklin Journal.* XXII. 201—203.

1838. *Blasting machine electrical. Mech. Mag.* XXVIII 159.

1839. *Colonel* Pasley, *in 1839, proposed to the Admirality to blow up the wreck of the* Royal Georg, *which had been submerged for sixty years at Spithead, by electro blasting. Brass guns of sufficient value to pay for all Colonel* Pasley's *operations were recovered.* Dodd's *applications of electricity.* p. 14—15. *Abridg. of spec. rel. to electr.* p. LXXIX.

1839. Pasley. Versuche über das Abfeuern des Schiesspulvers unter Wasser, angestellt zu Chatham. Dingler's p. J. LXXIII. 121—125.

1839. Hamilton K. G. Morgan. *On the use of the galvanic battery in blasting. Mech. Mag.* XXXI. 378—379.

1841. Versuche über die Entzündung von Minen mittelst Galvanismus. Arch. f. d. Officiere d. k. preuss. Art. u. Ing.-Corps. IX. 120 u. f.

1842. Alexander Paris. *Blasting rocks under water by galvanic ignition. Improved apparatus invented by Dr.* Hare. *Mech. Mag.* XXXVI. 68—70.

1842. *Blasting by galvanism. Mech. Mag.* XXXVI. 320.

1842. Roberts's *galvanic blasting apparatus. Mech. Mag.* XXXVI. 353—359.

1842. J. F. B. *Blasting rock — sand tamping — galvanic battery. Mech. Mag.* XXXVI. 474.

1842. J. T. Wilson. *Blasting of rocks by galvanism — applied to the reduction of a water fall on the North Esk. Mech. Mag.* XXXVII. 70—71.

1842. M. Roberts. *New form of battery, particulary applicable to blasting rocks. Mech. Mag.* XXXVII. 108—109.

1842. J. F. B. *Tamping with sand, and firing powder by galvanism in blasting rock. Mech. Mag.* XXXVII. 297—298.

1842. Lyon. *Blasting by galvanism. Mech. Mag.* XXXVII. 352.

1842. W. C. *Blasting by galvanism. Mech. Mag.* XXXVII. 368—369.
1842. M. Roberts. *Iron battery for blasting rocks by galvanism. Mech. Mag.* XXXVII. 423—425.
1843. *Destruction by gunpowder of the round-down cliff of the line of the south eastern railway — one million of tons blown up. — Mech. Mag.* XXXVIII. 61.
1843. M. Roberts. *Improved galvanic blasting apparatus. Mech. Mag* XXXVIII. 491.
1843. H. Bidwell. *Narrative of an explosion of rock by means of galvanism, at the Wrekin, Salop. Mech. Mag.* XXXIX. 20.
1843. R. W. Thomson. *New mode of blasting. Mech. Mag.* XXXIX. 208.
1843. Kemp. *Galvanic blasting. Mech. Mag.* XXXIX. 320.
1845. Relation über die von der k. sächs. Pionnier-Compagnie angestellten Versuche zur Zündung von Minen mittelst Galvanismus. Arch. f. d. Officiere d. k. preuss. Artillerie- und Ing.-Corps. XVIII. 1 u. f.
1846. Schmidhuber. Bericht über Schiessversuche mittelst der galvanischen Batterie. Dingler's p. J. CI. 103 u. f.
1850. Versuche über die Anwendung hydro-elektrischer Batterien zum Minensprengen, angestellt auf dem Uebungsplatze der Compagnie Schenk des k. b. Ingenieur-Corps zu München. Dingler's p. J. CXLV. 276—278.
1851. *Papers on subjects connected with the duties of the corps of Royal Engineers. Contributed by members of the Royal and east India Company's Engineers, and edited by a commitée of Royal Engineers.* Vol. I. New Series. London 1851.
1852. Castel. *Rapport sur l'emploi de l'électricité comme moyen de mettre le feu aux coups de mines. Annales des Mines.* Ser. 5. Vol. II. 199—215.
1852. Ueber das Entzünden von Sprengminen mittelst eines galvanischen Stromes. Notizbl. d. hannov. Arch. u. Ing.-Ver. I. 18. Dingler's p. J. CXXVI. 279—281.
1853. M. F. Gätzschmann. Die Zündung von Sprengschüssen durch den elektrischen Funken. Dingler's p. J. CXXVIII. 424—428. Polyt. C.-Bl. 1853, p. 1036—1039. Arch. f. Off. d. k. preuss. Art. u. Ing.-Corps. XXXIV. 255.
1853. Frischen. Zweckmässige und billige Batterie zum Entzünden von Minen. Notizbl. des hannov. Arch. u. Ing.-Ver. II. 156. Dingler's p. J. CXXXVIII. 46—49. Polyt. C.-Bl. 1853, p. 1040—1042.
1853. *Aide-Mémoire to the military sciences. Framed from contributions of Officers of the different services, and edited by a commitée of the corps of Royal Engineers in Dublin, 1845—1846.* Vol. I. London 1853.
1853. G. Verdú. *Mémoire sur de nouvelles expériences pour mettre le feu aux fourneaux de mines au moyen de l'électricité. Comptes rendus.* XXXVI. 649—652.
1853. T. du Moncel. *Nouveau système d'inflammation à distance de sustances inflammables par le courant d'une pile de* Daniell *et des conducteurs très fines. Comptes rendus.* XXXVII. 953—954. *Mém. de la Soc. de Cherbourg.* II. 104—105. 196—197. *Cosmos.* IV. 29—30. *Inst.* 1853. p. 430.
1854. M. F. Gätzschmann. Ueber Entzündung von Sprengschüssen durch den elektrischen Funken. Zeuner Civilingenieur. Neue Folge. Bd. I. p. 42—50.
1854. A. Gurlt. Betrachtungen über die Theorie des Sprengens. Ibid. p. 254 u. f.
1854. G. Verdú. *Nouvelles expériences pour mettre le feu aux fourneaux de mines au moyen de l'électricité.* (*Rapport de Mr. Maréchal* Valliant.) *Comptes rendus.* XXXVIII. 801—804. Dingler's p. J. CXXXIII. 115 u. f.
1854. Savare. *Sur les diverses manières de mettre le feu aux mines par l'électricité, et en particulier par la machine à induction de M.* Ruhmkorff. (*Rapport de Mr. Maréchal* Vaillant.) *Comptes rendus.* XXXVIII. 804—806. Dingler's p. J. CXXXIII. 113—115.
1854. G. Verdú. *Note relative à de nouvelles expériences sur l'application de l'électricité à l'explosion des mines militaires. Comptes rendus.* XXXVIII. 1024—1026. Dingler's p. J. CXXXIII. 115—118.
1854. T. du Moncel. *Note sur l'explosion des mines par l'électricité. Comptes rendus.* XXXIX. 649—651. Dingler's p. J. CXXXV. 370—371.
1854. Teichmann. Ueber die verschiedenen Arten, Minen durch Elektricität zu entzünden. Arch. f. d. Officiere d. k. preuss. Art. u. Ing.-Corps. XXXVI. 236—243.
1854. Statham'sche Zünder. (S. S. 363.)
1854. Hipp's Minenzündapparat. Allgem. Militärzeitung, 1854, p. 267. (Diese Vorrichtung besteht in einem kleinen Inductionsapparat, der durch zwei tafelförmige Kohlenzink-Elemente angeregt wird, die ohne Diaphragma in verdünnte Schwefelsäure eingesetzt werden, welche letztere in einem Trog aus Guttapercha sich befindet.

Der Apparat ist sehr compendiös, die Patronen müssen in sehr empfindlicher Weise angefertiget werden, wenn die Zündung eines Objectes sicher erfolgen soll.)

1855. E. G. W. WITHEHOUSE. *Improvements in electro-telegraphic apparatus, parts of which are also applicable to other purposes. Abridg. of spec. rel. to electr.* p. 525.

1855. G. VERDÚ. *Nouvelles mines de guerre, appliquées à la défence, suivant un nouveau procédé pour mettre le feu aux fourneaux de poudre à l'aide de l'électricité. Traduit de l'espagnol.* Paris et Bruxelles 1855. 8.

1855. R. BÖTTGER. Ueber einen Ersatz der STATHAM'schen Zünder. Jahresber. d. Frankf. Vereins, 1854—1855. p. 22. Dingler's p. J. CXL. 314. (Es wird hier die Anwendung eines Gemisches aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon vorgeschlagen.)

1856. Freiherr VON EBNER. Ueber die Anwendung der Reibungs-Elektricität zum Zünden von Sprengladungen. (Mit 5 Tafeln.) Sitzungsber. der math. naturw. Klasse d. kais. Akademie der Wissensch. zu Wien. XXI. 85—111. (Besonderer Abdruck, Wien 1856, p. 1—29 mit 5 Tafeln.)

1856. A. MAGISTRIS. Entzündung von Bohrlöchern durch den elektrischen Funken. Dingler's p. J. CXLI. 395—396. Oesterr. Z. S. f. Berg- und Hüttenwesen 1856, Nr. 34. (M. s. auch hierüber S. 363, Anmerk. 1.)

1857. TH. DU MONCEL. *Applications des effets calorifiques de l'électricité: „Inflammation des mines". Exposé des applications de l'électr.* III. p. 381—302. (Diese Abhandlung enthält eine Beschreibung des Verfahrens, mittelst des RUHMKORFF'schen Apparates das Zünden von Minenöfen auszuführen. Diese Beschreibung ist — nach der älteren Auflage des hier genannten Werkes — auch in der nachfolgenden Schrift enthalten.)

1857. TH. DU MONCEL. Anwendung des RUHMKORFF'schen Apparates zur Entzündung von Minen. RUHMKORFF's Inductionsapparat und die damit anzustellenden Versuche, nach dem Originale deutsch bearb. von C. BROMEIS und J. L. BOCKELMANN. Frankfurt a. M. — p. 125—148.

1857. C. KUHN. Ueber die Entzündung von Minen mittelst des elektrischen Entladungsfunkens und durch Volta'sche Ströme. Bull. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. XLV. 217—218.

1857. C. KUHN. Ueber die Benutzung von elektrischen und Volta'schen Apparaten zum Zünden von Sprengladungen und Minenöfen. Dingler's p. J., Jahrg. 1857. — (Vortheile der neueren Zündungsmethoden. CXLV. 186—192. — Zündung mittelst des elektrischen Entladungsfunkens. Ibid. p. 192—200. — Zündung mittelst des Inductionsfunkens eines elektromagnetischen Inductions-Apparates. Ibid. p. 200—206. — Zündung mittelst des Stromes der Volta'schen Batterie. Ibid. p. 270—286, 346—360, 401—407. — Zündung mittelst des magnetoelektrischen Stromes. Ibid. p. 407—411. — Vergleichung der verschiedenen elektrischen Zündungsmethoden. CXLVI 34—43, 94—104. — Bemerkungen über die specielle Anwendung einiger Zündungsmethoden. Ibid. p. 195—201. — Nachträgliche Bemerkungen über die Verwendung der Hartkautschukscheiben für Elektrisirmaschinen. Ibid. p. 201—202.)

1858. Ueber Minensprengen mittelst Elektricität. F. GRASHOF, Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure. Bd. II. p. 109—117.

Nachträgliche Bemerkungen zum vorigen Abschnitte.

1. Zu Seite 342, Zeile 10 von oben: Da mir seit jener Zeit, als das Obige niedergeschrieben worden ist, zwei Scheiben aus Hartkautschuk und ein Condensator der genannten Art aus der Telegraphenbau-Anstalt der Herren SIEMENS und HALSKE zu Wien zugekommen sind, mit welchen ich einige Versuche mit einem zu diesem Zwecke angefertigten einfachen Modelle anzustellen Gelegenheit hatte, so bin ich nunmehr in den Stand gesetzt, das, was oben über die Wirksamkeit des neuen österreichischen Minen-Zündapparates in Erwähnung kam, zu bestätigen. Der genannte Condensator hat die Gestalt eines cylindrisch ausgehöhlten geraden Kreiscylinders von etwa 9,3 Zoll Länge, 3 Zoll äusserem und 1,5 Zoll (Par. Maass) innerem Durchmesser.

2. Zu Seite 392, Zeile 4 von unten: Erst, als die obige Arbeit schon gedruckt war, kam mir die Abhandlung von ZÖLLNER: „Ueber die Lichtentwickelung in galvanisch glühenden Platindrähten" (Verhandl. der naturforschenden Gesellschaft in Basel, Jahr 1859, p. 311 *), zur Kenntniss; ich halte es daher für zweckmässig, einige der von ZÖLLNER aus seinen Versuchen erhaltenen Resultate hier nachträglich mitzutheilen, während eine eingehende Beschreibung der dabei angewendeten Methode ebenso wenig, als eine Darlegung der in der Abhandlung benutzten theoretischen Erörterungen bei dieser Ge-

legenheit vorgeführt werden kann. Mittelst eines für seine photometrischen Untersuchungen von ihm schon früher construirten Photometers (s. Berl. Ber. XII. 239*) hat ZÖLLNER die bei dem galvanischen Glühen horizontal und parallel unter einander in einem geeigneten Apparate ausgespannter Platindrähte erzeugte Lichtintensität unter Benutzung eines Verfahrens, das den Einfluss der Farbe der leuchtenden Objecte auf die Stärke des Lichtes zu eliminiren den Zweck hatte, mit der Intensität einer möglichst constant angeordneten Gasflamme als Normallicht bei verschiedenen Stromstärken der hiebei verwendeten BUNSEN'schen Kette untersucht. Die bei diesen Versuchen angewendeten fünf Platindrähte waren 80^{mm} lang, und ihre Durchmesser — bestimmt aus der Länge, dem absoluten und dem specifischen Gewichte — waren folgende: Nr. I ... $0^{mm},1785$; Nr. II ... $0^{mm},1661$; Nr. III ... $0^{mm},1466$; Nr. IV ... $0^{mm},1035$ und Nr. V ... $0^{mm},0782$. Es handelte sich eigentlich also darum, die von MÜLLER (S. 388 u. f.) durch blosses Schätzen der Glühgrade erhaltene Beziehung zwischen Stromstärke und Drahtdurchmesser mittelst der genauen photometrischen Beobachtungen zu controliren, und ein bestimmtes Gesetz, welches die Abhängigkeit zwischen Stromstärke und Drahtdicke auszudrücken vermag, festzustellen. Die von ZÖLLNER in seinen Tabellen II, III und V zusammengestellten Resultate waren nun die folgenden, worin d das Verhältniss der Durchmesser je zweier der Drähte, wie sie nach und nach verwendet wurden, S, R, W beziehungsweise die Stromstärke, den Widerstand, die (aus S^2R berechnete) Wärmemenge des einen, S_1, R_1, W_1 dieselben Elemente für den anderen Draht bezeichnen:

$d = 2,282$

Nummer der Beobacht.	Draht Nr. I.			Draht Nr. V.			$\frac{S}{S_1}$
	S	R	W	S_1	R_1	W_1	
1.	160,7	17,8	4597	61,7	138,3	5265	2,605
2.	163,5	18,8	5026	63,2	140,3	5604	2,587
3.	170,4	20,0	5807	65,2	146,4	6224	2,614
4.	175,9	20,7	6405	67,2	155,0	7000	2,618
5.	180,0	21,2	6869	68,7	161,5	7622	2,620
6.	183,6	21,6	7308	70,1	167,0	8207	2,619
7.	184,5	21,8	7421	70,6	168,8	8413	2,613
8.	186,3	22,0	7611	71,1	170,7	8629	2,616

$d = 1,725$

	Draht Nr. I.			Draht Nr. IV.			
1.	153,8	19,0	4494	79,5	79,1	5000	1,934
2.	157,9	20,1	5011	81,5	81,1	5387	1,937
3.	162,5	20,5	5413	83,5	85,2	5948	1,945
4.	168,1	21,2	5984	85,8	87,2	6345	1,969
5.	172,7	21,8	6502	88,2	89,2	6947	1,962
6.	173,6	21,9	6600	89,7	91,2	7338	1,935
7.	175,0	22,1	6768	90,2	91,8	7469	1,940
8.	176,3	22,3	6908	90,7	92,4	7601	1,941

$d = 1,139$

	Draht Nr. II.			Draht Nr. III.			
1.	149,8	20,7	4645	127,1	29,0	4865	1,179
2.	152,9	21,2	4956	131,8	30,8	5350	1,160
3.	157,4	22,6	5635	134,1	31,6	5683	1,178
4.	162,5	23,1	6100	139,4	32,8	6374	1,166
5.	168,1	23,8	6725	142,0	33,5	6755	1,184
6.	172,2	24,5	7256	145,0	34,3	7216	1,188
7.	173,6	24,7	7444	146,0	34,6	7375	1,189
8.	175,4	25,0	7691	147,3	35,0	7594	1,190

Die in einer und derselben horizontalen Spalte enthaltenen Beobachtungen jeder dieser drei Tabellen gehören einem und demselben Glühgrade an; ferner sind mehrere Zahlen dieser

Tabellen durch Interpolation erhalten worden. — Nimmt man aus den einer jeden Tabelle (Nr. II, III, IV und V) angehörenden Werthen von $\frac{S}{S_1}$ das arithmetische Mittel, so ergibt sich Folgendes:

d	$\frac{S}{S_1}$
2,282	2,612
1,725	1,945
1,605	1,653
1,131	1,179

Seine theoretischen Betrachtungen, angewendet auf die vorstehenden Beobachtungsresultate (unter denen hier die in Tabelle IV enthaltenen Zahlen nicht aufgeführt worden sind), führen nun den Verfasser unter Anderem auf den Ausspruch, dass seine Ergebnisse mit den von Müller erhaltenen im Wesentlichen als übereinstimmend betrachtet werden dürfen. — In wie weit nun durch die erwähnte Untersuchung der fragliche Gegenstand zur endlichen Entscheidung gekommen ist, können wir bei dieser Gelegenheit nicht näher untersuchen.

Berichtigungen zum zweiten Abschnitte.

Seite 295,	Zeile 3	von unten,	lese man:	„luftdicht“	statt	„luftdichten“	
„ 297	„ 6	„ „	„ „	„periodisch wiederholende“	„	„periodisch sich wiederholende“	
„ 302	„ 10	„ „	„ „	„vollkommen“	„	„vollkommenen“	
„ 303	„ 11	„ oben,	„ „	„Oberflächen“	„	„Oberfläche“	
„ 312	„ 13	„ unten,	„ „	„desselben“	„	„derselben“	
„ 332	„ 2	„ „	„ „	„*Figg. 97—101*“	„	„*Figg. 96—101*“	
„ 339	„ 21	„ oben,	„ „	„Taftflügel“	„	„Tastflügel“	
„ 341	„ 3	„ unten,	„ „	„Durchmesser enthält“	„	„Durchmesser“	
„ 342	„ 5	„ „	„ „	„*r*“	„	„*z*“	
„ 350	„ 7	„ „	„ „	„die innere Höhlung der letzteren“	„	„die innere der letzteren Höhlung“	
„ 367	„ 3	„ oben,	„ „	„bezeichnen“	„	„nennen“	
„ 384	„ 22	„ „	„ „	„θ“	„	„Q“	
„ 391	„ 11	„ unten,	„ „	„Glühgrades“	„	„Glühdrahtes“	
„ 446	„ 19	„ „	„ „	„Kupferzinkbatterie“	„	„Kupferbatterie“	

Dritter Abschnitt. Anwendung der elektrischen Fernewirkungen auf Telegraphie.

Kapitel I.

Ueber Telegraphie im Allgemeinen. — Hülfsmittel der elektrischen Telegraphie.

§. 86. Feststellung der in diesem Abschnitte zu behandelnden Aufgabe.

Mit dem Ausdrucke Telegraphie bezeichnet man gewöhnlich jedes Verfahren, durch welches man zwischen je zwei von einander beliebig weit entfernten Orten innerhalb der möglichst kürzesten Zeit, also mit einer, die gewöhnlichen Mittel weit übertreffenden Geschwindigkeit den Gedankenaustausch vornehmen oder vermitteln kann. Jedes Mittel nun, das zur Erreichung dieses Zweckes angewendet werden kann, kann man daher auch mit dem Namen Telegraph bezeichnen.

Diese Ausdrücke (von *τελε*, fern, *τέλ(ε)ος*, die Ferne oder das Ziel, und *γράφειν* schreiben, zeichnen, überhaupt bildlich darstellen, abgeleitet) sind aber in keinem Falle geeignet, die Gedanken-Verkehrsmittel der ältesten, oder die der neueren und neuesten Zeit genau zu charakterisiren, am wenigsten für die Bezeichnung der akustischen und der sogenannten optischen Verkehrsmittel (welche letzteren übrigens, die Anwendung der Heliotropen ausgenommen, nur als rein mechanische betrachtet werden müssen) passend, und unter den sogenannten elektrischen Telegraphen sind es nur einige Vorrichtungen, die der Ausdruck Telegraph richtig bezeichnet, während es auch solche gibt, welche nicht unmittelbar eine bildliche Darstellung der fortzupflanzenden Nachricht liefern. Schon der von AESCHYLUS für die Signalfeuer benutzte Ausdruck Telypompos* (aus der Weite — *φῶς*, Licht — entsandt) bezeichnet jene Verkehrsmittel passender; vielleicht dürfte die Bezeichnung Telesphoros

* Das Zeichen, welches durch Feuersignale gegeben wurde, ist mit dem Namen φάος τηλέπομπον bezeichnet worden (Vergl. AESCHYLUS' Agamemnon, Vers 285; HERMANN's Ausgabe, p. 278).

(τελεσφόρος, Fern- oder Zielträger, von τέλος und φέρειν, tragen, abgeleitet) alle jene Verkehrsmittel, welche man benutzen kann, um mit einer ungewöhnlichen Geschwindigkeit Nachrichten von einem Orte nach einem mehr oder weniger weit entfernten gelangen zu lassen, in deutlicherer Weise ausdrücken, als der bis jetzt benutzte Name Telegraph. Auf diesen Umstand wollten wir hier gelegentlich aufmerksam machen, da es vielleicht um so mehr zweckmässig sein dürfte für die Verfahrungsweisen, um mittelst elektrischer Wirkungen Telegramme zu entsenden, eine geeignetere Bezeichnungsweise als bisher einzuführen, als diese Methoden von den älteren Verfahrungsarten in mannigfacher Beziehung sich unterscheiden, und ausserdem die sogenannte elektrische Telegraphie, obgleich schon einen hohen Grad von Ausbildung erreicht, immer noch einer grösseren Vervollkommnung entgegenstrebt, so dass im Laufe der Zeit auch der hier angeregte Umstand noch berücksichtigt werden könnte. Wir werden jedoch im Folgenden von dem bis jetzt beibehaltenen Sprachgebrauch nicht abweichen, und werden daher die Ausdrücke „Telegraphie“ und „Telegraph“ in demselben Sinne beibehalten, der denselben im gewöhnlichen Leben beigelegt wird.

Die sogenannten elektrischen Telegraphen unterscheiden sich von den im Alterthum sowohl, als auch in neuerer Zeit angewendeten Mitteln, die entweder in akustischen oder optischen, zum Theile auch in rein mechanischen Operationen bestanden und noch bestehen, wesentlich und in mehrfacher Weise. Vor allem ist, wie die Erfahrung lehrt, und wie unten auch theilweise nachgewiesen werden wird, die Geschwindigkeit, mittelst welcher die elektrischen Wirkungen — im allgemeinsten Sinne dieses Ausdruckes — fortgepflanzt werden, im Allgemeinen gross genug, um dieselben für die äusserst möglichsten terrestrischen Fernewirkungen mit Vortheil benutzen zu können; die elektrischen Telegraphen *können* von allen äusseren Einflüssen sowohl, als auch von atmosphärischen Einwirkungen unabhängig gemacht werden; die Wirkungen derselben sind der äusseren Wahrnehmung ganz und gar entzogen, sie sind nur dem Empfänger des Telegrammes zugänglich; was jedoch dieselben von den anderen Verfahrungsweisen wesentlich unterscheidet, besteht im Allgemeinen darin, dass die elektrischen Wirkungen auf jede beliebige irdische Distanz *fast unmittelbar* verbreitet werden können, ferner, dass die mittelst der elektrischen Wirkungen hervorgebrachten Signale nur an *dem* Orte zu Stande kommen, wohin sie gelangen sollen, und nicht erst, wie diess bei allen sogenannten optischen Telegraphen der Fall ist, mittelst eigener Hülfsmittel aus grossen Entfernungen beobachtet werden müssen; endlich, dass die elektrischen Verkehrsmittel *die Möglichkeit darbieten*, den Gedankenaustausch in ganz ähnlicher Weise und fast mit derselben Geschwindigkeit vornehmen zu können, als diess bei unmittelbarem persönlichen Verkehr der Fall ist.

Um nun unsere Aufgabe feststellen zu können, dürfte es zweckmässig sein, die Hauptbestandtheile eines elektrischen Telegraphen hervorzuheben. Zur Hervorbringung der telegraphisch-elektrischen Wirkungen ist vor allem eine geeignete Stromquelle nothwendig. Obgleich man mittelst jeder der oben schon beschriebenen Stromquellen Fernewirkungen hervorbringen kann, was auch im

2. Abschnitte genügend gezeigt worden ist, so eignen sich für telegraphische Zwecke gegenwärtig dennoch nur die hydro-elektrischen Ketten, sowie die Inductionsapparate, während die übrigen Stromquellen bis jetzt nur eine beschränkte und zum Theil noch gar keine Anwendung für die in Rede stehenden Zwecke gefunden haben. Was nun bezüglich der Einrichtung der verschiedenen, zur Erregung elektrischer Ströme dienender Apparate in den ersten zwei Abschnitten erörtert worden ist, wird in dem vorliegenden Abschnitte als bekannt vorausgesetzt und benutzt werden, während die insbesondere für telegraphische Zwecke noch ausserdem angewendeten Einrichtungen bei geeigneten Gelegenheiten ihre weitere Berücksichtigung finden werden. — Die Stärke der durch die Stromquelle erzeugten Wirkungen hängt, wie ebenfalls schon früher gezeigt worden ist, von der Beschaffenheit und Anordnung etc. der Leitung oder des Schliessungsleiters ab, weshalb wir denjenigen Theil der letzteren, der die Communication zwischen den correspondirenden Stationen herzustellen bestimmt ist und den wir kurzweg die Leitung nennen wollen, als zweiten Hauptbestandtheil des Telegraphen anzusehen haben. Auch hierüber werden wir, in soweit nicht schon bei unseren früheren Erörterungen darauf Rücksicht genommen worden ist, die nöthigen Betrachtungen vornehmen. — Die Wirkungen, durch welche die telegraphischen Zeichen ausgeführt werden, hängen von der Einrichtung des dritten Hauptbestandtheiles: dem Telegraphenapparate nämlich, ab. Dieselben entstehen entweder dadurch, dass die bereits hergestellte, aber noch nicht geschlossene Kette abwechselnd geschlossen und geöffnet wird, oder dadurch, dass beständig der Strom für den ganzen Leitungsbogen hergestellt bleibt, und sodann beim Telegraphiren abwechselnd geöffnet und geschlossen wird. „Die taktmässige Manipulation des abwechselnden Schliessens und Oeffnens der Kette im ersten, sowie des in gehöriger Aufeinanderfolge stattfindenden Unterbrechens und Herstellens des Stromes im zweiten Falle macht die eigentliche Operation des sogenannten Telegraphirens aus.“ Diese Manipulation wird mittelst eines selbstständigen, in geeigneter Weise in die Leitung eingeschalteten Apparates vorgenommen, der mit dem Namen Communicator bezeichnet werden kann, der übrigens im Allgemeinen den Namen Schlüssel u. dergl. führt. Die Stromeswirkungen, welche nun mittelst des Communicators entweder unmittelbar oder indirect an der Empfangsstation zur Wahrnehmung gebracht werden, lassen sich an dem eigentlichen Signalapparate erkennen, und wir wollen diesen einstweilen den Recepteur nennen. Sohin besteht jeder Telegraphenapparat mindestens aus zwei Theilen, nämlich dem Communicator, der an der Zeichen gebenden Station, und dem Recepteur, welch' letzterer an der Empfangsstation aufgestellt sein muss. Bei zwei mit einander correspondirenden Stationen hat jede der letzteren den vollständigen Telegraphenapparat, und beide sind in geeigneter Weise durch eine Hauptleitung mit einander verbunden. — Ausser den hier aufgeführten Hauptbestandtheilen des Telegraphen sind in die Kette noch manche andere Apparate eingeschaltet, die theils dazu dienen, um sich von der metallischen Continuität der ganzen Leitung in jedem Augenblicke überzeugen zu können, theils zur Stromregulirung bestimmt sind, theils aber den Zweck haben, die Sicherheit des Telegraphirens zu erhöhen, und

welch' letztere daher bei verschiedenen Telegrapheneinrichtungen auch verschiedene Anordnung haben können.

Die Betrachtung der Telegrapheneinrichtungen, in so weit dieselben dem Principe nach wesentliche Verschiedenheiten zeigen, ferner die Anlage der Telegraphen, sowie ihre Benutzungsweise für mehrere Stationen soll nun den eigentlichen Gegenstand unserer Erörterungen ausmachen, während wir alles Dasjenige umgehen werden, was sich auf das Detail der Telegraphentechnik bezieht, und das zum grössten Theile nicht der angewandten Elektricitätslehre, sondern der mechanischen Technologie sowie der Telegraphenpraxis angehören dürfte.

§. 87. Ueber die Geschwindigkeit, mit welcher elektrische Fernewirkungen erfolgen.

Aeltere Versuche.

Den Ursprung der elektrischen Telegraphie kann man mit einigem Rechte in die Zeiten verlegen, in welchen die Physiker mit der Fortpflanzungsweise des Entladungsstromes auf grössere Entfernungen sich zu beschäftigen anfingen. Derlei Fragen stellte man sich bekanntlich sowohl vor, als auch nach der Erfindung der Ladungsflasche *. Wenngleich die ersten, hierüber bekannt gewordenen Versuche gegenwärtig mehr zu den physikalischen Spielereien gezählt werden dürfen, so sind dieselben dennoch in so fern von Interesse, als sie über die Aufgaben der Forschung der damaligen Zeit einigen Aufschluss zu geben geeignet sind. Die bekannten Versuche von Nollet, die derselbe im April 1746 anstellte, und wobei einmal ein Leitungsbogen aus 180 in einer continuirlichen Reihe stehender Soldaten der Garde, ein andermal eine continuirliche Personenreihe im Carthäuserkloster zu Paris von nicht weniger als 900 Toisen Gesammtumfang auf einmal elektrisirt wurde, zeigten wenigstens dem Beobachter unter Anderem, dass die physiologischen Wirkungen des Ladungsstromes der Leydener Flasche auf sehr beträchtliche Distanzen fast ungeschwächt und ohne Zeitverlust fortgepflanzt werden können [1]. Der Wiener Physiker, P. Joseph Franz, zeigte im Mai desselben Jahres in Gegenwart des kaiserlichen Hofes, dass seine Experimente mit der elektrischen Flasche ungeschwächt und instantan, überhaupt in gleicher Weise zu Stande kommen müssen, mochte die Entladung durch eine Person, oder durch einen Schliessungsbogen aus Eisendraht von 5300 Wiener Fuss Länge vorgenommen werden [2]. Bei allen den vielen Versuchen, die in der damaligen Zeit theils vor der Erfindung der Leydener Flasche, theils aber später zur Wiederholung und Erweiterung der Musschenbrök'schen Erscheinung ausgeführt wurden, erkannte man wohl, dass die Geschwindigkeit der elektrischen Entladung ungemein gross

* Als Belege für die hier ausgesprochene Ansicht will ich eine Stelle aus einer Schrift Winkler's („Gedanken von den Eigenschaften, Wirkungen und Ursachen der Elektricität nebst einer Beschreibung zwo neuer elektrischer Maschinen; herausgegeben von Johann Heinrich Winkler, Professorn der griech. und latein. Sprache in Leipzig. Leipzig 1744“) folgen lassen, in welcher unzweideutig eine derartige Idee ausgesprochen ist. So heisst es unter Anderem S. 146 u. f.: „Die Fortpflanzung (der Elektricität) geschieht entweder durch eine einzige Wirkung, oder durch viele, und ist merklich, wenn man dem Körper, welchem man Elektricität mittheilt, auf einem anderen ruhen lässt, der sie nicht weiter fortpflanzt“ Weiter heisst es: „Wenn man also bei der Elektricität blos auf den steten Zusammenhang der elektrischen Theile zu sehen hätte, so könnte man den Schluss machen, dass sich die Elektricität bis an die Grenzen der Welt fortpflanzen lasse, und merklich sein würde, wenn bis dahin ein Körper auf blauseidenen Schnüren gelegt wäre“. „Allein, man hat bei der Fortpflanzung einen gewissen Widerstand zu erwägen,“ etc. etc. —

sein müsse, aber es war nicht möglich, entscheidende Messungen hierüber vorzunehmen. So hat schon WINKLER im Jahre 1744 derlei Vermuthungen aufgestellt und sogar einen elektroskopischen Versuch hierüber gemacht, ferner dabei nicht unterlassen, darauf aufmerksam zu machen, dass Fragen dieser Art von grösster Wichtigkeit seien [3]. Bei einer spätern Gelegenheit, wo er die Aehnlichkeit der Blitzerscheinungen mit denen der verstärkten Elektricität nachzuweisen versuchte, verglich dieser Forscher die Geschwindigkeit der Elektricität mit der des Blitzes [4]. Die ersten Versuche, um die Geschwindigkeit zu ermitteln, mit welcher die Fortpflanzung elektrischer (und zwar physiologischer) Wirkungen stattfindet, wurden von LE MONNIER (dem Jüngeren) im April des Jahres 1746 vorgenommen [5]. Zu dem Ende wurden bei einem der siebzehn Versuche, die hierüber angestellt wurden, zwei Drähte, jeder von 5700 Fuss Länge, parallel neben einander in dem Hofraum des Carthäuserklosters zu Paris so ausgespannt, dass die Enden einerseits in der Nähe der elektrischen Apparate sich befanden, andererseits von einer Person mit den Händen gefasst wurden. Als der Experimentator das eine der ihm zugekehrten Enden in die linke Hand nahm, und, die Leydener Flasche in der rechten Hand haltend, das andere Drahtende dem Knopfe der Flasche näherte, nahm die entferntere Person mit der physiogischen Wirkung zugleich den Entladungsfunken wahr. Da das zwischen beiden Erscheinungen unter Anwendung des 11400 Fuss langen Schliessungsdrahtes verflossene Zeitintervall mittelst der Secundenuhr nicht geschätzt werden konnte, so nahm man an, dass die Geschwindigkeit mehr als dreissigmal grösser als die des Schalles gewesen sein müsse. — Von ähnlichem Erfolge waren die unter der Leitung von WATSON von Mitgliedern der Royal Society zu gleichem Zwecke am 5. August 1748 angestellten Versuche. Es wurde hiefür zu Shooter's Hill bei London wieder wie bei dem Versuche von LE MONNIER das Zeitintervall zwischen dem Auftreten des Entladungsfunkens und dem der physiologischen Flaschenwirkung zu messen gesucht, und zu dem Zwecke ward die Drahtleitung isolirt angeordnet, und hatte die Gesammtlänge von 2 engl. Meilen oder 12276 engl. Fuss. Da jeder Beobachter, welcher in den Schliessungskreis sich begab, keinen Zeitunterschied zwischen Funke und Entladungsschlag wahrnehmen konnte, so nahm man als ausgemacht an, dass die Geschwindigkeit der Elektricität unendlich gross sei [6]. Diese Verfahrungsweisen waren aber in keinem Falle exact genug, um über den fraglichen Gegenstand endgültig entscheiden zu können, selbst wenn hiebei weit schärfere Chronoskope zur Bestimmung der Zeitintervalle benutzt worden wären, da sie zwei ungleichartige Elemente für ihre Messungen verwendeten, nämlich die Beobachtung des Funkens und die Empfindung des Entladungsschlages. In dieser Beziehung würde sogar die von WINKLER benutzte und oben (a. a. O.) erwähnte Methode eher zu einem Resultate geführt haben, als die eben genannten.

WHEATSTONE's Verfahrungsweisen zur Messung des elektrischen Entladungsstromes.

Die ersten wirklich messenden Versuche wurden nach einer sehr sinnreichen Methode erst in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts vorgenommen; es sind

diess die schönen Arbeiten C. Wheatstone's [7], und wir halten es für zweckmässig, auf dieselben näher einzugehen, da sie eigentlich bis jetzt die einzigen bilden, die eine nähere Einsicht in die betreffenden Vorgänge zulassen. Sein erstes Augenmerk richtete er auf die Beobachtung der Dauer des elektrischen Funkens. Wheatstone ging nämlich hiebei von der Idee aus, dass, wenn man die Bewegung, bei welcher ein leuchtender Punkt eine Linie beschreibt, mit einer anderen Bewegung von bekannter Richtung und Geschwindigkeit verbinden würde, es möglich sein müsste, aus dem Ansehen der resultirenden geraden oder krummen Linie die Richtung und Geschwindigkeit der ersteren zu bestimmen. Um nach diesem Sinne die Untersuchung vorzunehmen, wurde der in *Fig. 202* abgebildete Apparat angewendet. Bei *a* ist derselbe auf die Spindel einer Rotationsmaschine geschraubt, so dass man ihn in schnelle Drehung versetzen konnte. Die oberen und unteren Theile, sämmtlich von Messing, mit Ausnahme der Holzscheibe *bc*, waren durch einen starken Glasstab *de* von einander isolirt. Ein Streifen dicker Zinnfolie verband die Kugel *h* mit *a*, und die obere Kugel *g* konnte auf verschiedene Entfernungen von der unteren *h* gebracht werden. Wenn die Kugel *f* auf Schlagweite dem ersten Conductor einer Elektrisirmaschine genähert wurde, sprang der Funke zwischen beiden über, und ebenso zwischen den Kugeln *g* und *h*, welche auf 4 Zoll von einander entfernt werden konnten, um einen Funken von dieser Länge zu zeigen. Hatte nun die Drehungsgeschwindigkeit der beiden Kugeln ein merkliches Verhältniss zur Geschwindigkeit der Elektricität, so musste eine Ablenkung zwischen dem oberen und unteren Ende der Linie stattfinden. Rotirte dann das Instrument von der Rechten zur Linken und bewegte sich der Funke abwärts, so musste die Linie, wie *Fig. 203*, dagegen wie in *Fig. 204*, wenn der Funke von unten nach oben ging, abgelenkt werden. — Als nun der Apparat in schnelle Rotation versetzt wurde, ging der Funke eben so über wie bei der Ruhe, und es wurde in keinem Falle am Ende des Funkens eine Ablenkung von der Verticalen beobachtet. Der Apparat rotirte fünfzig Mal in einer Secunde, und da ein Unterschied von einem Zwanzigstel des von den Kugeln beschriebenen Kreises leicht hätte beobachtet werden können, wenn er vorhanden gewesen wäre, so konnte Wheatstone mit Sicherheit daraus schliessen, dass der Funke durch die Luft und den metallischen Conductor in weniger als einem Tausendel einer Secunde überging.

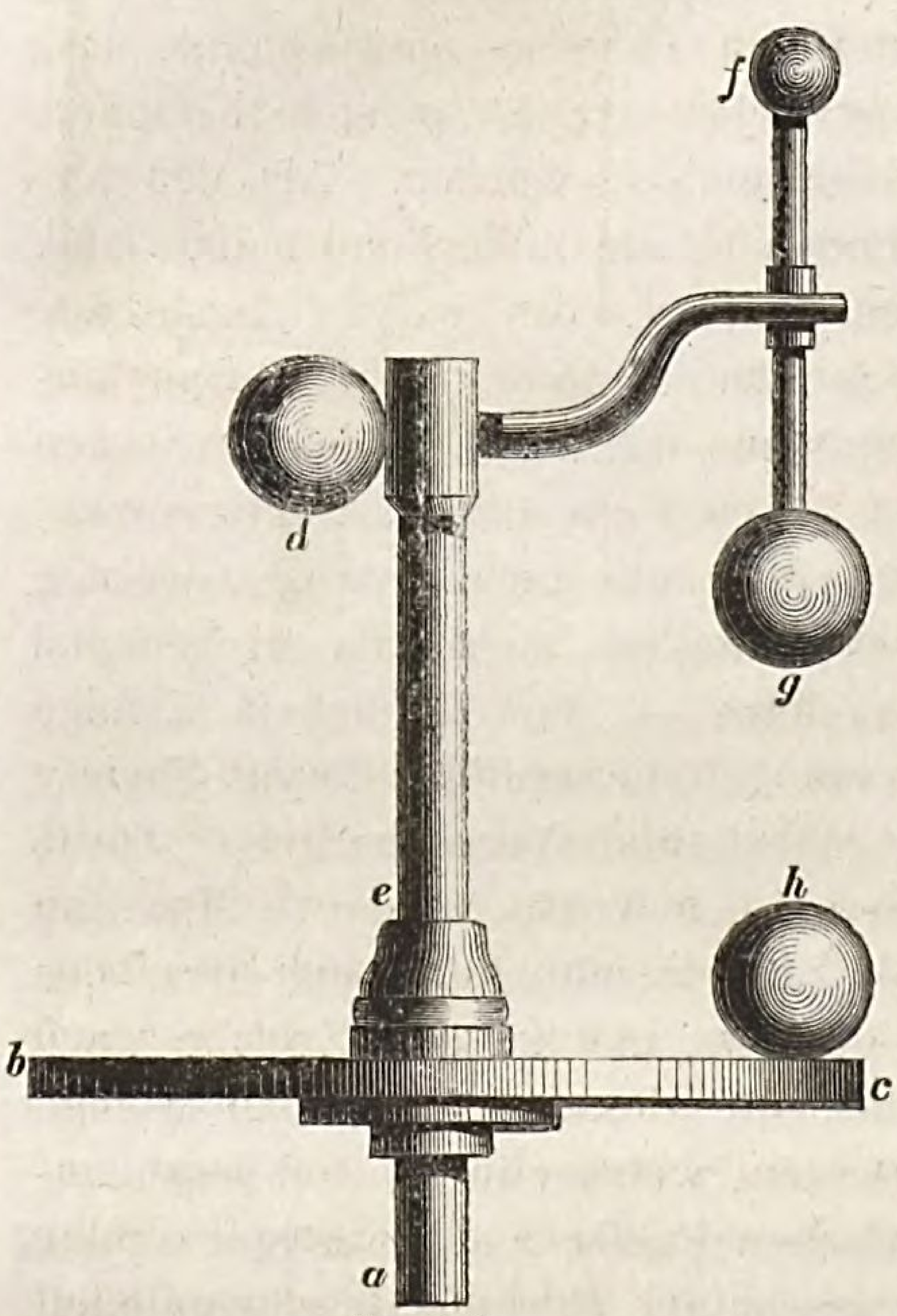
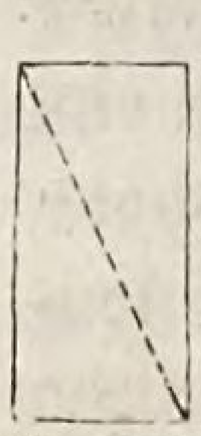
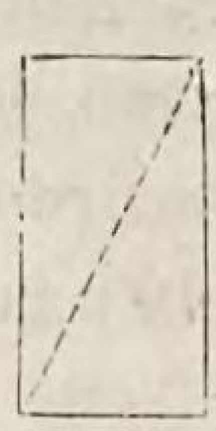


Fig. 202.


Fig. 203.


Fig. 204.

Für seine folgenden wirksameren Versuche wendete WHEATSTONE rotirende Spiegel an, da dieses Ersatzmittel manche Vortheile darbot. So ist die scheinbare Bewegung eines kleinen rotirenden Spiegels gleich einer grossen Bewegung des Objectes selbst; derselbe Spiegel kann einem jeden zu untersuchenden Gegenstande zugewandt werden. Bei einer Versuchsreihe war der rotirende Spiegel wie in *Fig. 205* angeordnet, wobei derselbe um eine verticale Axe rotirt, und stets in Verticalebenen bleibt. Wird ein leuchtender Punkt, z. B. eine Lichtflamme, in einigem Abstande vom Spiegel aufgestellt, so beschreiben die successiven Stellen seines reflectirten Bildes einen Kreis, dessen Radius gleich ist dem senkrechten Abstande des Punktes von der Rotationsaxe, und die Winkelgeschwindigkeit der Bilder ist doppelt so gross, als die des Spiegels, so dass also z. B. das Bild einen ganzen Kreis beschreibt, während eine halbe Umdrehung des Spiegels erfolgt ist, und ist die Rückseite des Spiegels ebenfalls reflectirend, so wird das Bild zwei Umläufe machen, während der Spiegel nur einen zurücklegt. Erreicht die Rotation eine gewisse Schnelligkeit, so verweilen die successiven Eindrücke auf der Netzhaut, und das Auge, zweckmässig gestellt, nimmt eine stetige Lichtlinie, als einen Bogen des vom Bilde beschriebenen Kreises wahr, welcher Bogen desto grösser ist, je näher das Auge dem Spiegel steht. Wird, während der Spiegel rotirt, der leuchtende Punkt parallel zur Rotationsaxe bewegt, so wird aus der Zusammensetzung der beiden Bewegungen des Bildes eine diagonale Resultante entstehen, und man wird dann, wenn die Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels bekannt ist, die Richtung und Geschwindigkeit des bewegten Punktes berechnen können. Der genannte Spiegel wurde nun auf einen Rotationsapparat mit multiplicirenden Rädern geschraubt und man konnte dabei den Spiegel fünfzig Mal in einer Secunde drehen, so dass also bei dieser Drehungsgeschwindigkeit von dem Bilde in $1/_{72000}$ einer Secunde ein halber Grad beschrieben wurde (nämlich das Doppelte des während derselben Dauer am einen Punkte des Spiegels beschriebenen Bogens). Der Bogen von einem halben Grade erscheint in der Entfernung von 10 Fuss etwa in der Länge eines Zolles, und diese Grenze war es, die bei den Versuchen angenommen wurde. Wurde nun eine elektrische Lichtlinie parallel der Rotationsaxe des Spiegels gestellt, so musste sich die Dauer des Lichtes in jedem Punkte, wo es erscheint, sowie die Zeit, welche zwischen dem Erscheinen des Lichtes an zwei successiven Punkten verstreicht, vorausgesetzt, dass diese nicht kleiner als $1/_{72000}$ einer Secunde war, ermitteln lassen. Würden Dauer und Geschwindigkeit durch den Spiegel bemerkbar werden, so würde das reflectirte Bild als ein verschrobener Lichtstreif erscheinen; würde aber letzteres nicht eintreten, so müsste die Dauer der Erscheinung kürzer als die eben angegebene Grenze sein. — Auf diese

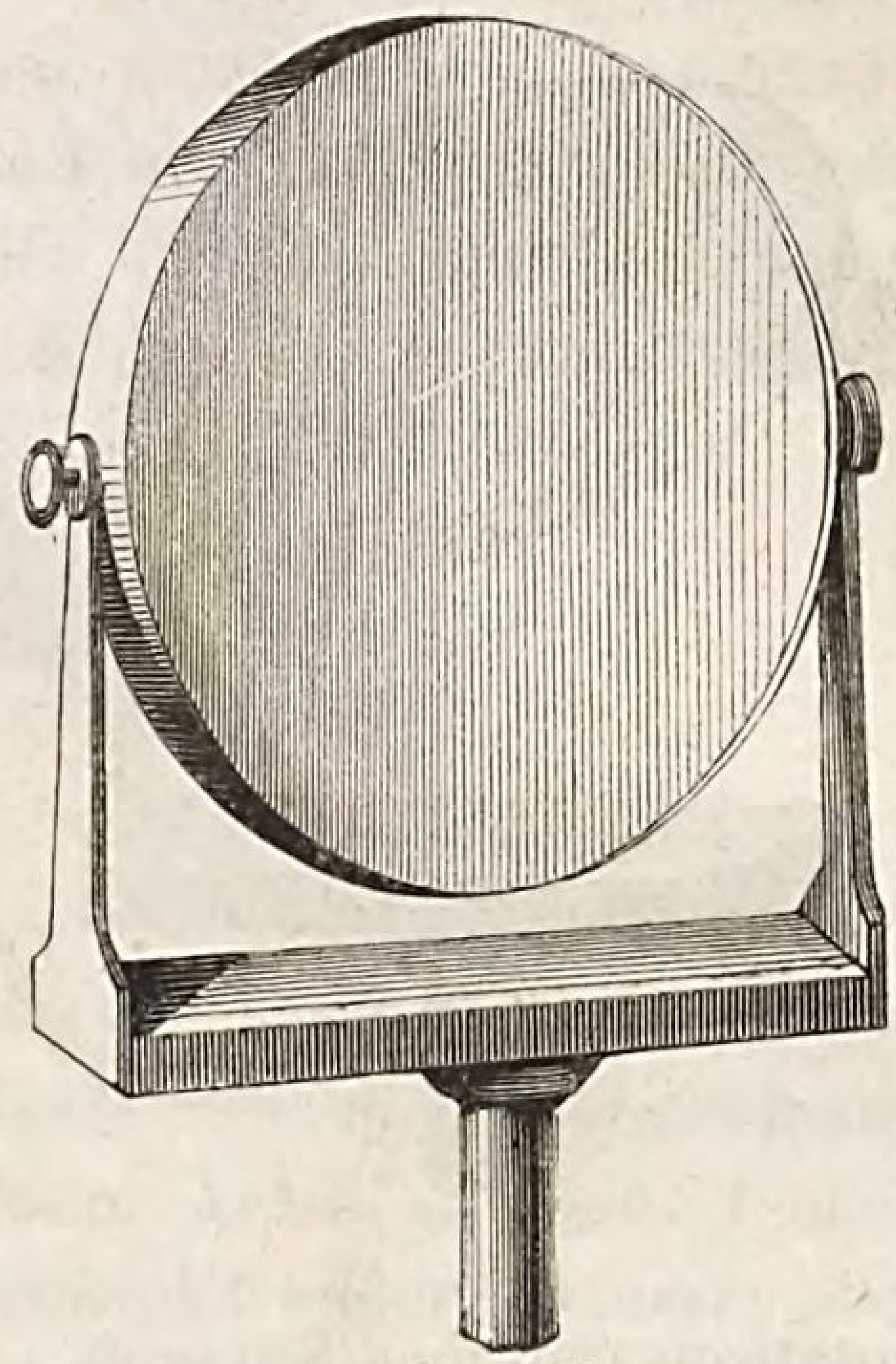


Fig. 205.

Weise wurden nun Versuche angestellt, indem unter Anderem dem Spiegel 4 Zoll lange elektrische Funken, gezogen aus dem positiven Conductor der Elektrisirmaschine, Entladungen einer Leydener Flasche u. s. w. dargeboten wurden; allein in allen beobachteten Fällen erschienen die reflectirten Bilder, wenn sie innerhalb des Gesichtsfeldes auftraten, vollkommen ungeändert, und genau auf eben die Weise, als wenn sie von dem ruhenden Spiegel reflectirt worden wären. Für einige Versuche wurde die Anordnung des Spiegels *Fig. 206* gewählt, wobei die reflectirende Fläche gegen die Rotationsaxe geneigt und fast senkrecht gegen dieselbe war. Wenn hiebei irgendwo in der Verlängerung der Rotationsaxe ein leuchtender Punkt gebracht wird, so werden seine Bilder successiv von verschiedenen Punkten des Spiegels reflectirt, und sie bilden zusammen einen Kreis, dessen Umfang man auf ein Mal überblickt. Die sichtbare Grösse dieses Kreises wächst mit der Entfernung des Objectes und mit der Neigung des Spiegels. Eine vor ihm gehaltene Lichtflamme erschien nun dem Beobachter als ein breiter leuchtender Ring, das Sonnenbild wird in einen prachtvollen feurigen Gürtel verwandelt; hingegen erschien eine in der Verlängerung der Rotationsaxe des Spiegels auftretende unmittelbar auf einander folgende Reihe elektrischer Funken, die sich dem Auge unter den gewöhnlichen Umständen als ein stillstehender Lichtstern darstellen, wieder als Funkenreihe auf einem Kreise in regelmässigen Abständen; nur die aus einer Spitze austretenden Lichtbüschel erschienen hiebei nicht von momentaner Dauer. Bei diesen Versuchen blieb nun Wheatstone nicht stehen; derselbe verfolgte nämlich unter Anwendung von genaueren und weiterreichenden Apparaten die begonnenen Untersuchungen, und wir müssen nur bedauern, dass bloss ein Theil derselben zur öffentlichen Kenntniss gekommen ist, die späteren Versuche aber nicht mehr zur Publication kamen.

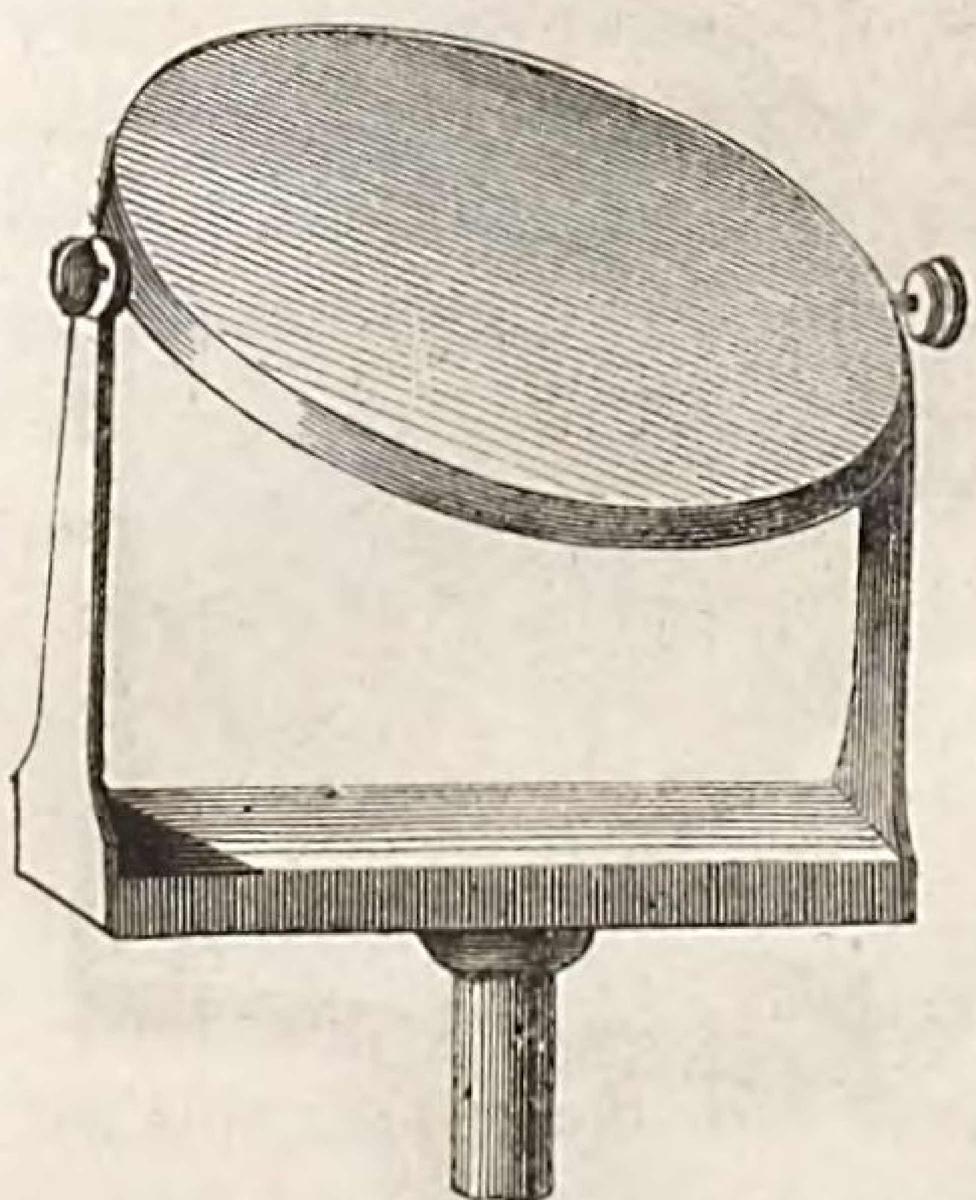


Fig. 206.

Die Versuche zur Ermittelung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Entladungsstromes wurden in der Gallerie in der Adelaide-Strasse angestellt. Der isolirte Draht, dessen Gesammtlänge eine halbe englische Meile betrug, war (*Fig. 207*) in zwanzig unter sich parallele Abtheilungen von je 120 Fuss

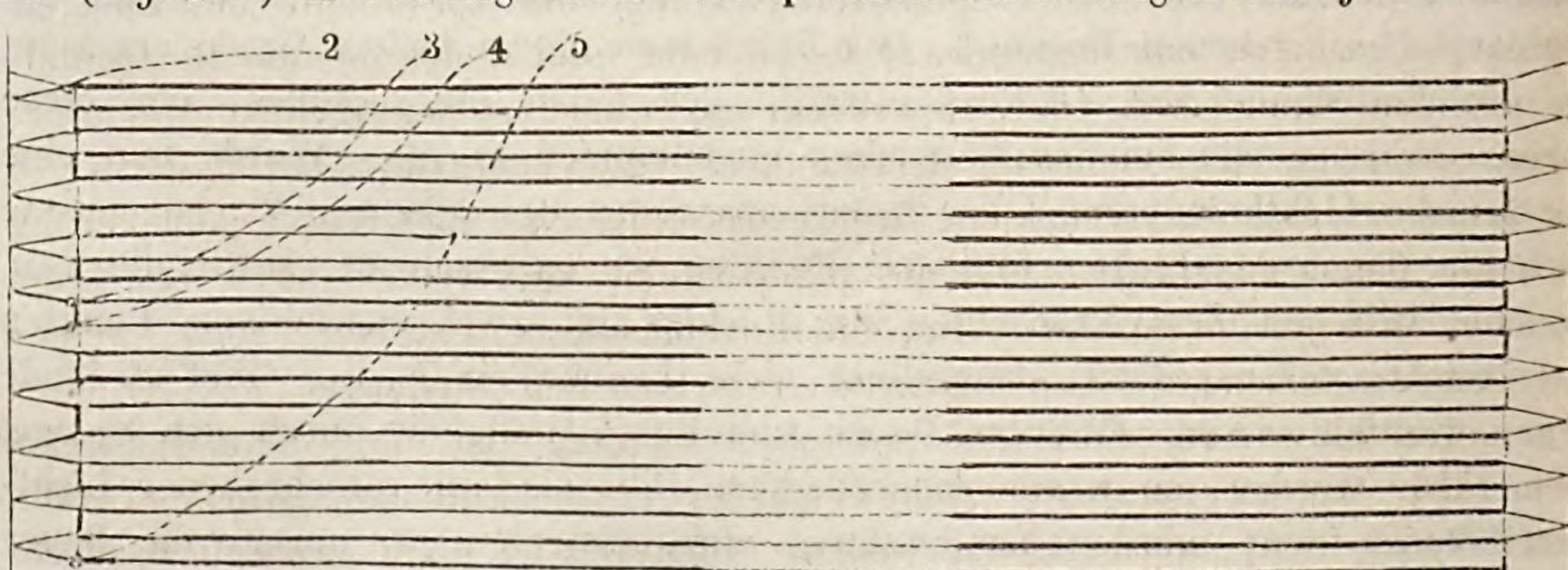


Fig. 207.

Länge, sechs Zoll von einander abstehend, angeordnet und durch sechs Zoll lange seidene Schnüre an der Balustrade befestigt. Die mit *2*, *3*, *4*, *5* bezeichneten Enden waren mit den ähnlich bezeichneten Enden des Funkenbretts (*Fig. 208*) verbunden. Letzteres, $3\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, war an der Mauer der Gallerie so befestiget, dass die Kugeln, zwischen welchen die Funken überschlagen mussten, in derselben Horizontallinie lagen; die Schlagweite für jeden Funken betrug 0,1 engl. Zoll (1''',126), der angewendete Draht war von Kupfer und $\frac{1}{15}$ Zoll (0''',75) dick. Der Messapparat mit Zubehör ist in *Fig. 209* (S. 474), das Detail hiefür in *Fig. 210* (S. 475) dargestellt. *ABCD* ist ein dickes Brett aus wohlgedörrtem Mahagoniholz, ein Fuss lang und acht Zoll breit. *E* ist ein kreisförmiger Spiegel von polirtem Stahl, 1 Zoll im Durchmesser, und auf der horizontalen Axe *FF* so befestiget, dass die Rotationsaxe in die Spiegelebene fällt. Die Spitzen der Axe gehen in die aufrechten Arme *H* und *J* des Messingrahmens. Die Axe wird durch das Rad *K* mittelst einer Schnur, die in Holzkehlen über beide weggeht, in Bewegung versetzt, und eine Schnur über dem Rade *L*, welches mit *K* auf derselben Axe steht, kann mit dem Rade irgend einer Maschine verbunden werden, die eine rasche Bewegung zu ertheilen im Stande ist. Der Zug von Rädern war so eingerichtet, dass die den Spiegel tragende Axe sich 1800 Mal umgedreht haben würde, während das Rad eine Umdrehung machte. *M* ist eine kleine Leydener Flasche, deren inneres Belege bei *N* endiget, und welches mit dem Entlader *OP* in Verbindung steht; der von dem äusseren Belege der Flasche ausgehende Draht *1*, sowie der am Kopf des Messingrahmens befestigte Draht *6* sind mit den gleich bezeichneten Drähten des Funkenbretts (*Fig. 208*) verbunden. Ist die Flasche vollständig geladen und der mit der Axe rotirende Arm *Q* (*Fig. 210*) dem Knopf des Entladers gegenüber gebracht, so geht die Entladung vor sich, und die drei Funken erscheinen dem Auge gleichzeitig. Liegt die Vorderseite des Spiegels im Niveau des Funkenbretts, diesem zugewendet, und bildet mit der Horizontalebene einen Winkel von 45°, so erblickt das Auge bei senkrechtem Hinuntersehen die reflectirten Bilder der drei Funken. Das ebene Glas, beziehungsweise die Linse *R* (*Fig. 209*), hat den Zweck, das Auge von zu grosser Annäherung an den Spiegel abzuhalten und die Beobachtung für weit- und kurzsichtige Personen bequem zu machen. Um die Ungenauigkeiten zu vermeiden, welche bei etwa eintretenden Entladungen in verschiedenen Stellungen des Arms *Q* gegen den Knopf des Entladers entstehen könnten, ist die Glimmerplatte *S* (*Fig. 210*) dazwischengestellt, welche genau der Axe des Entladers gegenüber einen sehr kleinen horizontalen Schlitz besitzt. Hiedurch ist dafür gesorgt, dass die Funken im Allgemeinen bei jeder Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels inner-

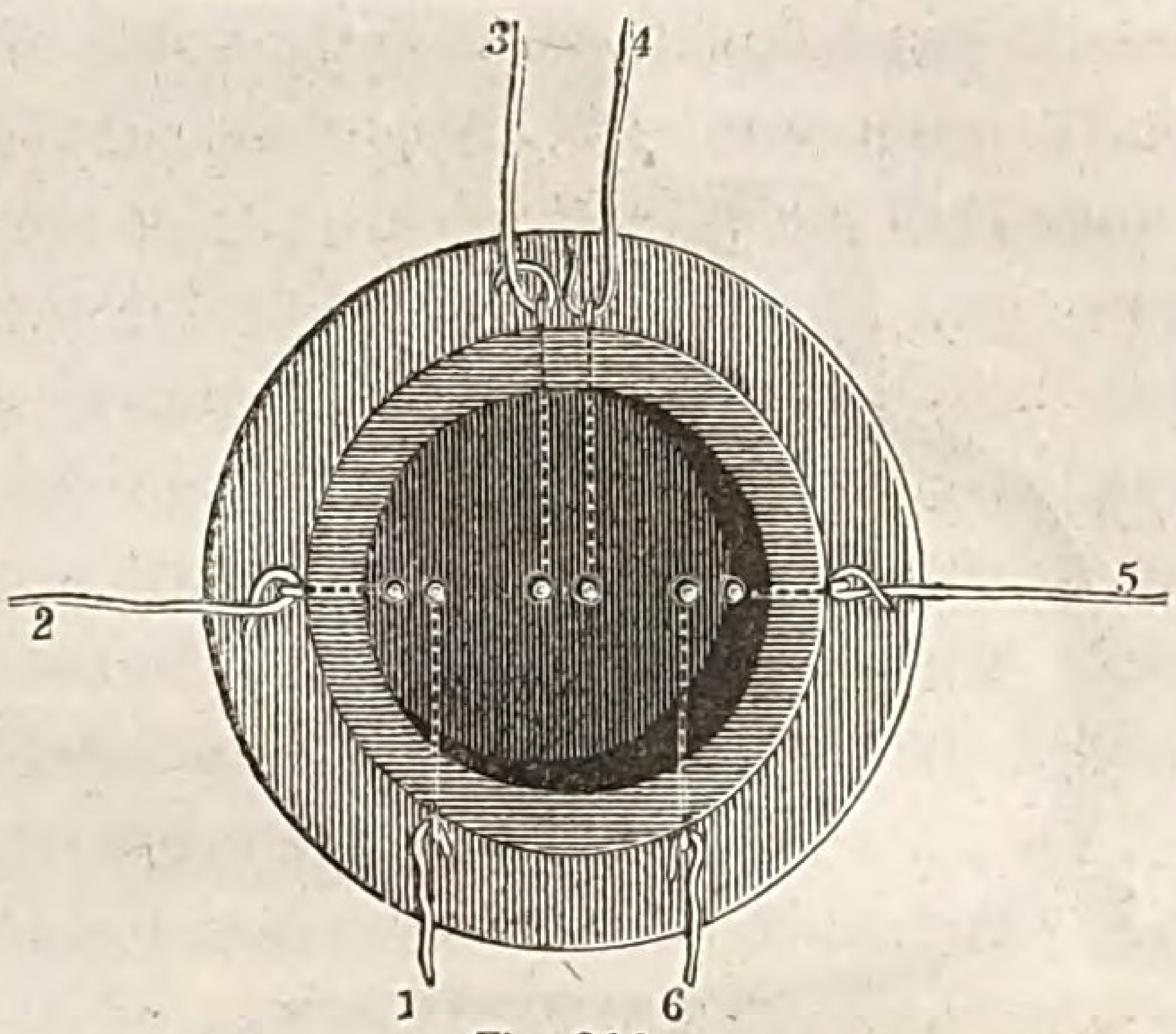


Fig. 208.

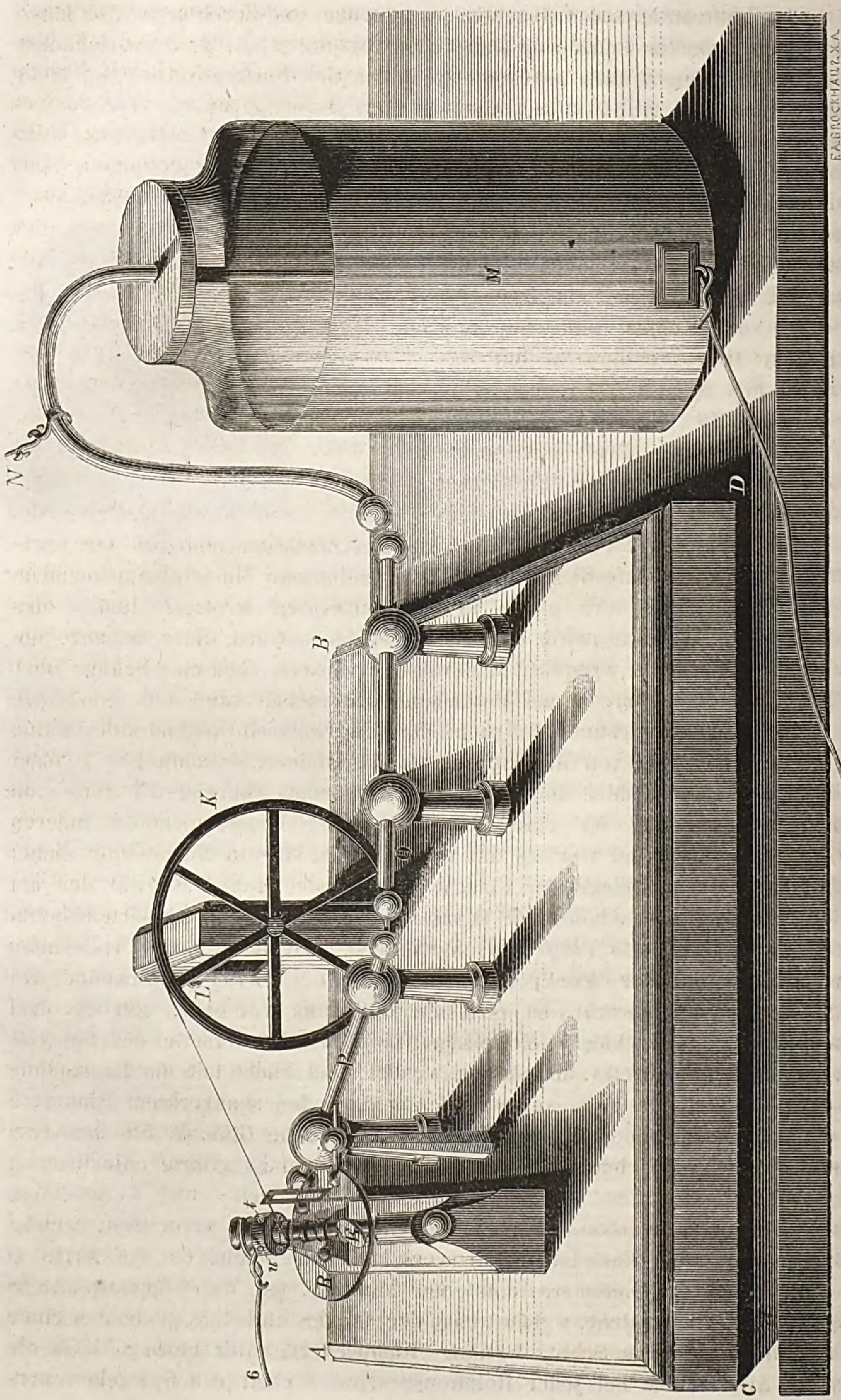


Fig. 209.

halb des Gesichtsfeldes erscheinen. Zur Bestimmung der Winkelgeschwindigkeit des rotirenden Spiegels wurde anfänglich eine Art Sirene, die bei T mit dem Blasrohr bei u sichtbar ist, anzuwenden versucht. Nach mancherlei Proben wurde der Arm Q selbst zur Erzeugung des Tones benutzt. Ein kleiner Papierstreif ward gegen ihn gehalten, so dass er bei jeder Umdrehung einen Schlag darauf ausüben musste, und aus der Höhe der hiedurch erzeugten Töne konnte man die Geschwindigkeit ermitteln. Bei dem Maximum der Drehungsgeschwindigkeit, mit welcher die Maschine gedreht wurde, erhielt man den Ton $G\sharp^4$, der 800 Umdrehungen des Spiegels in einer Secunde andeutete. Bei dieser Geschwindigkeit machte also das Spiegelbild 1600 Umdrehungen per Secunde; die allenfallsige Verlängerung des Funkens zu einem halben Grad, eine offenbar sichtbare Grösse, die, wie bereits erwähnt, in zehn Fuss Entfernung gesehen, einem Zoll gleich ist, würde also andeuten, dass der Funke einen $\frac{\frac{1}{2}}{800 \cdot 720}$ oder $\frac{1}{1152000}$ einer Secunde andauerte. Die Ablenkung um einen halben Grad würde also bei der Länge des Schliessungsbogens von einer halben englischen Meile eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 576000 englische Meilen in der Secunde andeuten. „Diese geschätzte Geschwindigkeit findet in der Voraussetzung statt, dass die Elektricität von einem Ende des Drahtes zum anderen übergehe. Wenn jedoch, wie nach der einen Theorie, die beiden Fluida, oder, wie nach der anderen, die Gleichgewichtsstörungen vollkommen gleichzeitig von den beiden Drahtenden auslaufen, so werden die beiden äusseren Funken ihre relative Lage beibehalten, es wird bloss der mittlere Funke abgelenkt, und die gemessene Geschwindigkeit wird die Hälfte von der im vorhergehenden Falle sein, nämlich 288000 engl. oder 62606 deutsche Meilen in der Secunde.“ Nach den hier erörterten Vorbereitungen und Grundgesetzen wurden nun die Versuche wiederholt ausgeführt und angewendet; ferner wurde neben und dicht an dem Funkenbrett, das stets zehn Fuss vom Spiegel entfernt war, eine Flamme als Führer für das Auge angebracht und um zugleich die Brennweite des Auges gehörig adjustiren zu können.

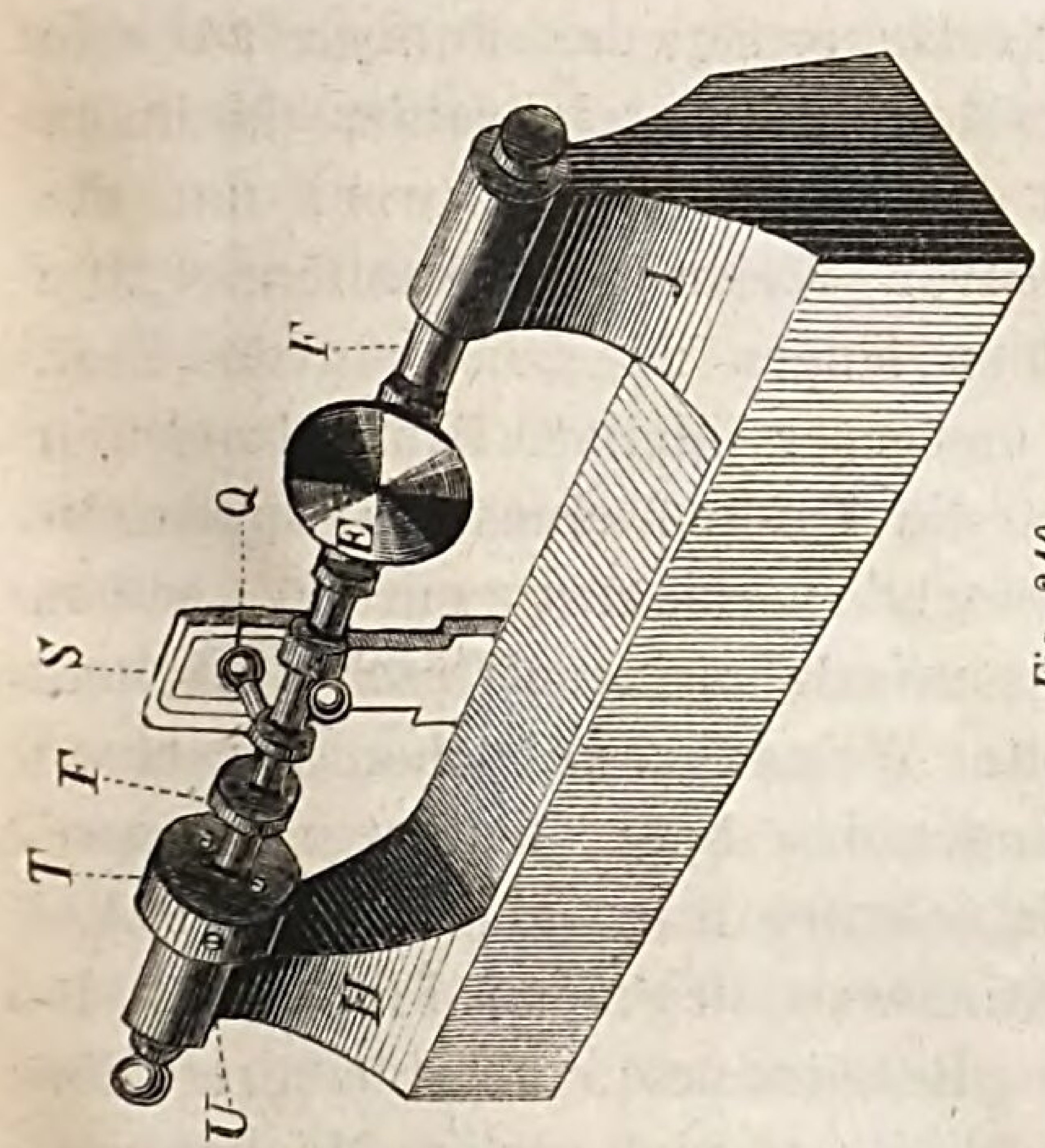
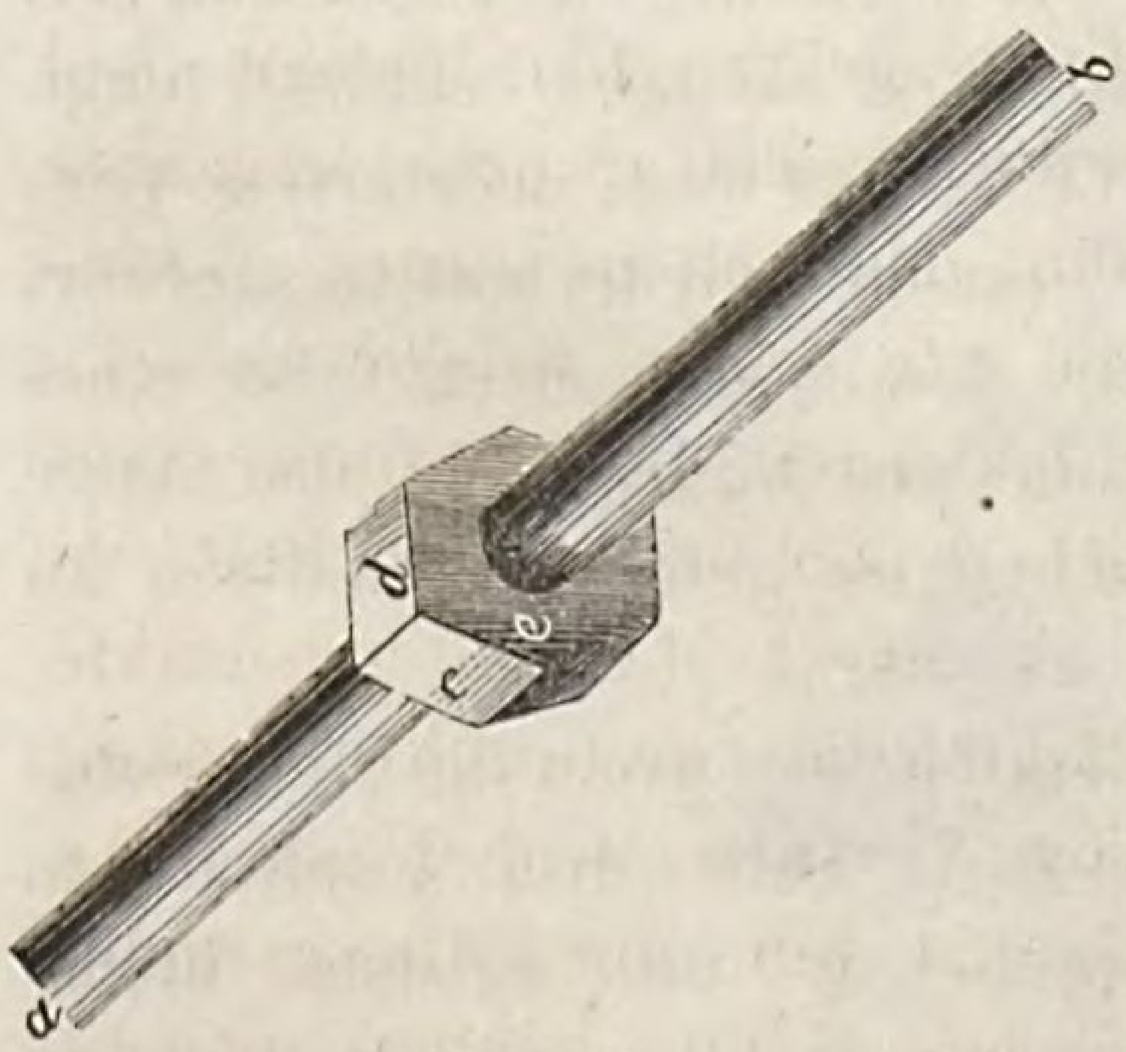


Fig. 210.

Bei diesen Versuchen zeigte sich nun vor allem, dass, wenn die Geschwindigkeit des Spiegels eine gewisse Grenze überstieg, die drei Funken zu parallelen Linien verlängert wurden, und zwar betrug die grösste hiebei beobachtete Verlängerung etwa 24°, was einer Dauer von $^1/_{24000}$ einer Secunde (bei der genannten grössten Drehungsgeschwindigkeit) entsprechen würde. Manche Unsicherheiten entsprangen daraus, dass der Arm den Funken nicht

immer in gleicher Entfernung von dem Entlader aufnahm, weshalb mehrere Entladungen gemacht werden mussten, ehe das Auge die Erscheinungen deutlich sehen konnte. War die Geschwindigkeit gering, so schienen die Endpunkte genau in einer Verticallinie zu liegen; „war aber die Geschwindigkeit beträchtlich, und drehte sich der Spiegel nach rechts, so nahmen die Linien das Ansehen: ; drehte er sich nach links, so erschienen sie wie . Niemals aber zeigten sich dieselben wie , oder wie , als nach der Hypothese von einem elektrischen Fluidum erforderlich sein würde.“ „Die Ablenkung zwischen den äusseren Funken und dem mittleren konnte, wie WHEATSTONE mit ziemlicher Gewissheit anzugeben wusste, nicht einen halben Grad überstiegen haben“; einer Ablenkung von $^1/_2{}^0$ entspricht aber, wie bereits erwähnt, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 288000 engl. Meilen per Secunde, während eine noch geringere Ablenkung nothwendig eine noch grössere Geschwindigkeit anzeigen würde. WHEATSTONE bemerkt weiter, dass bei den oben beschriebenen Arten des elektrischen Lichtes selbst mit der zuletzt erreichten Rotationsgeschwindigkeit eine Veränderung sich nicht wahrnehmen liess. Die Verlängerung der Funken an den eben besprochenen Untersuchungen des Drahtes soll nach seiner Meinung ohne Zweifel daher rühren, dass der Draht nicht dick genug war, um die Entladung der Flasche anders als in successiver Weise zu gestatten. „Die Dauer der Entladung bei diesen Funken schien länger zu sein, als die Zeit, welche die Elektricität zur Durchströmung mehrerer Meilen Draht brauchen würde.“ Ferner erwähnt WHEATSTONE, dass die Funken eines SAXTON'schen magneto-elektrischen Rotationsapparates bedeutend verlängert wurden, selbst wenn der Spiegel sich nur mit einer verhältnissmässig geringen Geschwindigkeit drehte. — Für entscheidendere Versuche hatte WHEATSTONE schon bei einer damaligen Untersuchung verschiedene Aenderungen des Apparates vorgenommen, und ausserdem die Ansicht ausgesprochen, dass unter Anwendung eines Polygonalspiegels mit symetrisch gegen die Rotationsaxe liegenden Flächen, z. B. eines sechsflächigen (*Fig. 211*), wo *ab* die Rotationsaxe, *c*, *d e* drei der reflectirenden Flächen sind, die Möglichkeit, die reflectirten Funkenbilder im Gesichtsfelde zu erhalten, viel grösser und in dem erwähnten Beispiele sechs Mal grösser wäre, als bei Benutzung einer einzigen reflectirenden Oberfläche.


Fig. 211.

In seinem Schlussresumé hebt WHEATSTONE besonders hervor, dass seine eben besprochenen Untersuchungen mehr bezweckten, die Verlängerungen und Ablenkungen der Funken etc. zu entdecken, als sie zu messen, weshalb auch keine Resultate mit numerischer Genauigkeit angegeben werden könnten. Die von ihm zusammengestellten Resultate sind nun die folgenden:

1. „Die Geschwindigkeit der Elektricität durch einen Kupferdraht übertrifft die des Lichtes durch den planetarischen Raum.“
2. „Die Störung des elektrischen Gleichgewichts in einem Draht, der an seinen Enden mit den beiden Belegungen einer Leydener Flasche verbunden ist, geht von den beiden Enden mit derselben Geschwindigkeit aus, und trifft zuletzt in der Mitte des Schliessungsbogens ein.“
3. „Das Licht der Elektricität von hoher Spannung hat noch nicht die Dauer von einem Milliontel einer Secunde.“
4. „Das Auge ist fähig, Objecte noch abgesondert wahrzunehmen, die ihm innerhalb eines und desselben äusserst kleinen Zeitintervalles zur Beschauung dargeboten werden.“

Als Gegenstand künftiger Untersuchung mit Instrumenten von hoher Kraft und grosser Genauigkeit erwähnt Wheatstone zum Schlusse noch besonders: „die relative Geschwindigkeit der Elektricität in Drähten von verschiedenen Metallen“; „die Verschiedenheit in der Geschwindigkeit, wenn sie im Zustande verschiedener Spannung durch einen und denselben Leiter geht, falls Verschiedenheiten dieser Art vorhanden sind“; „die Dauer des elektrischen Funkens unter den gewöhnlichen Umständen der Spannung und Quantität.“

Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit Volta-elektrischer Wirkungen.

Die Untersuchungen, welche wir im Vorhergehenden vorgeführt haben, zeigen, wie weit die Fragen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Entladungsfunkens bis jetzt erörtert worden sind, und welche Vorsicht man bei Benutzung der dabei erhaltenen Resultate zu beachten hat. Wir werden am Schlusse dieses Paragraphen deshalb wieder auf dieselben zurückkommen, wenn wir die übrigen bezüglich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit Volta-elektrischer Wirkungen bis jetzt bekannt gewordenen Versuche betrachtet haben werden. — Die erste Anregung zur Anstellung derartiger Versuche scheint von Soemmering ausgegangen zu sein, einem genialen und hochgefeierten Forscher, dem man — obgleich seine grossartige Thätigkeit hauptsächlich der Physiologie und Anatomie angehörte — selbst in Beziehung auf physikalische Untersuchungen die Erfindung der sogenannten Volta-elektrischen Telegraphen und die Entdeckung mancher anderen, für die elektrische Telegraphie wichtigen Thatsachen zuschreiben muss. Soemmering erwähnt nämlich in seiner akademischen Vorlesung vom 28. August 1809 [8], auf die wir später wieder zurückkommen werden, dass es für die Theorie der Elektricität höchst interessant wäre, „durch genaue, ins Grosse gehende Versuche, die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit welcher sich das elektrische Agens durch die Leitungsdrähte hinbewegt, und wie sich die Geschwindigkeit der Elektricität zur Geschwindigkeit des Lichtes verhält.“ Sein im Kleinen ausgeführter Versuch, wobei ein 2248 bayr. Fuss langer (Messing- oder Kupferdraht?) isolirt um einen Glascylinder gewunden und als Schliessungsleiter der galvanischen Säule benutzt wurde, zeigte ihm, dass die Wasserzersetzung eben so schnell zu beginnen schien, als wenn die Wirkung der Säule sich nur durch zwei Fuss Länge zu erstrecken

hätte, obgleich, wie er ausdrücklich sagt: „der Verstand die Gewissheit giebt, dass allerdings ein Unterschied statthaben müsse." Auch vermuthete SOEMMERING, dass Drahtsorten aus verschiedenen Metallen in dieser Beziehung Unterschiede zeigen dürften [9], d. h., dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der VOLTA'schen Stromeswirkungen von dem Leitungswiderstande des Schliessungsleiters nicht unabhängig sei. — Eigentlich messende Versuche aber wurden erst in neuester Zeit und zwar zum grössten Theile an ausgeführten Telegraphenleitungen vorgenommen. Vor allem aber möchten hieher die von JACOBI angestellten Versuche gehören, durch welche das Zeitelement ermittelt werden wollte, das der elektrische Strom zu seiner Bildung — d. h. zum Entstehen und Verschwinden — braucht [10]. JACOBI bediente sich hiefür eines Rades von 1 Fuss Durchmesser, das durch eine Kurbel mit Rad und Getriebe herumgedreht werden konnte, und zwar so, dass bei einmaliger Umdrehung der Kurbel das Rad deren drei vollendete. Der Radkranz aus Blei wurde mit einer Messingschiene belegt, genau abgedreht, an einer Stelle der Peripherie wurde $1/2'''$ ausgeschnitten, und hier ein Metallsegment isolirt eingekittet. Auf die Axe des Rades wurde eine Kupferscheibe isolirt aufgesteckt, die mit dem unteren Theile in ein Quecksilbergefäss tauchte und ausserdem mit jenem Metallsegmente in Contact gebracht war. Wurde dann ein Hebel, der auf der Peripherie des Rades ruhte, mit dem einen Pole, das Quecksilbergefäss mit dem anderen Pole einer einfachen Kette verbunden, so war die Kette nur dann geschlossen, wenn der Hebel mit dem Metallsegment in Berührung kam. Die Kurbel wurde nun etwa 10 Mal in der Secunde gedreht, und sohin fand der Schluss der Kette nur während eines Zeitintervalles von $1/_{9000}$ einer Secunde statt. Zum Wahrnehmen des wirklichen Schliessens und Oeffnens der Kette konnte bloss der Funke benutzt werden, und dieser trat auch wirklich auf. Da hiebei eine Drahtlänge von 70 Fuss, die ein Hufeisen umgab, in der Kette eingeschaltet war, so schliesst JACOBI aus diesem Versuche, dass dem Entstehen sowohl, als auch dem Verschwinden des Stromes 630000 Fuss in der Secunde, also im Ganzen die Geschwindigkeit von 1260000 Fuss per Secunde entsprach. Als anstatt des 70′ langen Drahtes von $1\,1/2'''$ Dicke ein Draht von $3/4'''$ Dicke und 1000 Fuss Länge eingeschaltet wurde, der mit einer Länge von 800 Fuss zu einer Spirale gewunden war, konnte der Funke unter Anwendung eines Plattenpaares bei obiger Geschwindigkeit des Rades nicht wahrgenommen werden. Derselbe kam erst wieder zum Vorschein, als das Rad etwa 3 Mal in der Secunde rotirte, was eine Geschwindigkeit von 270000 Fuss per Secunde ergeben würde. Ebenso nahm auch der Glanz des Funkens bei dem ersten Versuche zu, wenn die Rotationsgeschwindigkeit des Rades verringert wurde. Aus diesen Resultaten scheint also nur hervorzugehen, dass das zum Entstehen des Oeffnungsfunkens nöthige Zeitintervall von dem Widerstande der Kette abhängig ist, und dass überhaupt, wie bekannt, wenn der Widerstand des Schliessungsleiters eine bestimmte Grösse für eine und dieselbe Kette erreicht hat, gar kein Funke mehr wahrgenommen werden kann; ob aber auch keine andere Stromeswirkung mehr wahrgenommen werden könnte, ist hiedurch nicht ausgemacht. Wir sehen also schon bei diesen ersten Versuchen über die

Fortpflanzungsgeschwindigkeit des sogenannten galvanischen Fluidums, dass dieselbe von den Wirkungen, mit denen man sie zu bestimmen sucht, nicht unabhängig sein kann.

Die unter der unmittelbaren Leitung WALKER's von der Küstenvermessung in den Vereinigten Staaten Nordamerika's angestellten Telegraphenbeobachtungen zur Bestimmung der Längenunterschiede zwischen entfernten Stationen haben die in Rede stehende Frage insbesondere unmittelbar berühren müssen. Bei den ersten Arbeiten vom 23. Januar 1849 sollte der Telegraph zwischen Washington, Philadelphia, New-York und Cambridge zur Bestimmung von Sterndurchgängen an diesen Stationen benutzt werden. Die hiefür eingeschlagene Methode bestand beiläufig darin [11], dass für die in Philadelphia befindliche Uhr mittelst des selbstarbeitenden Unterbrechers des MORSE'schen Telegraphenapparates auf den anderen Stationen Secundenintervalle notirt wurden. Der wahrscheinliche Fehler bei der mechanischen Operation des Druckens und Ablesens wurde hiebei auf etwa $^{1}/_{15000}$ einer Secunde geschätzt. Wurden nun in gleicher Weise von Philadelphia nach Cambridge hin die Sterndurchgänge signalisirt, so wurden dieselben innerhalb der Beobachtungspunkte zur richtigen Zeit aufgezeichnet. Gingen aber die Sterndurchgänge von Cambridge nach Philadelphia, während die Uhrzeichen ihre frühere Richtung behielten, so kamen sie um die Zeit zu spät an, welche der Strom zum Hin- und Hergang zwischen den beiden Endstationen brauchte. Ebenso wurden die Zwischenstationen zu Messungen benutzt. Die achtzehn Bedingungsgleichungen, welche bei der Berechnung angewendet wurden, ergaben eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 18690 engl. Meilen per Stunde mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm$ 1000 Meilen, wobei jedoch keine Rücksicht auf die verschiedenen Leitungswiderstände genommen, sondern nur die Länge der Drahtleitung (aus Eisen) als wirkliche Distanz benutzt wurde. — Später (nämlich am 31. October 1849) wurde unter WALKER's Leitung eine Reihe von Versuchen ausdrücklich zu dem Zwecke angestellt, die zur Fortpflanzung der Signale nothwendige Zeit zu bestimmen [12]. Die Messungen aller Aufzeichnungen gaben für diese Nacht eine Geschwindigkeit von 16000 engl. Meilen in der Secunde, also ein um weniger als 1900 Meilen von dem früheren verschiedenes Resultat. Ferner gelangte WALKER hiebei zu dem Satze, dass ein an irgend einem Punkte durch Unterbrechung oder Schliessung des Volta'schen Stromes gegebenes Signal an anderen Punkten nach einem Zeitintervall beobachtet wird, das der Entfernung desselben von dem Punkte, wo das Signal gegeben wird, proportional ist, und einer Geschwindigkeit von 16000 bis 19000 engl. Meilen in der Secunde entspricht. Spätere Versuche mit dem BAIN'schen chemischen Telegraphen ergaben eine noch geringere Geschwindigkeit.

Bei diesen Versuchen wurde stets der MORSE'sche Drucktelegraphenapparat von derselben Anordnung benutzt, wie man von demselben beim gewöhnlichen Telegraphendienste Gebrauch macht, und worüber noch in diesem Paragraphe einige Andeutungen gegeben werden sollen. Die von MITCHEL in der Nacht vom 12. November 1849 auf der Sternwarte von Cincinnati zwischen der gleichnamigen Telegraphenstation und Pittsburg vorgenommenen Messungen

scheinen in mancherlei Beziehungen grössere Ansprüche auf Genauigkeit machen zu dürfen, als die eben beschriebenen, da vor allem ein Hauptumstand gehörig berücksichtiget wurde, dass nämlich das Papierband, das die Eindrücke des Stiftes zu empfangen hatte, durch eine Scheibe ersetzt wurde, die in vollkommen gleichmässiger Weise sich bewegte, dass ferner der Gang des Ankers am Elektromagneten gehörig berücksichtigt wurde, und dass ausserdem fast die ganze Leitung, bis auf eine kleine Strecke, eine metallische aus einer und derselben Drahtsorte, nämlich von Eisen war. Der Apparat, den Mitchel bei seinen Versuchen in die Kette einschaltete, scheint zum Registriren von Sterndurchgängen bestimmt zu sein. In so weit, als die vorliegenden sehr undeutlichen Beschreibungen hierüber Aufschluss geben [13], war die Einrichtung beiläufig folgende: „Das Pendel der astronomischen Uhr auf der Sternwarte zu Cincinnati bewegte durch Schliessen und Oeffnen einer Localbatterie die Anker eines Elektromagnetes und bezeichnete dadurch mittelst eines Stiftes die einzelnen Secunden auf einer kreisförmigen Metallscheibe, welche unter dem Stifte mit gleichförmiger Geschwindigkeit rotirte. Derselbe Anker schloss und öffnete gleichzeitig den Strom einer zweiten Batterie, welche in ganz derselben Weise Eindrücke auf dieselbe Scheibe mittelst eines anderen Stiftes machte. Dieser Strom konnte bald durch einen kurzen Draht, bald durch eine lange Leitung von der Hauptbatterie auf der O'Reily-Station in Cincinnati zur Sternwarte (1 engl. Meile), von da nach Pittsburg (302 ½ engl. Meile) und wieder zurück zur Sternwarte durch Draht, von hier aus zur Hauptbatterie zurück durch den Erdboden geschlossen werden. Wurde der kurze Draht benutzt, so folgten die Stösse der Stifte des Nebenapparates dem des regelmässig durch den ersten Magneten bewegten Normalstiftes um das Zeitintervall nach, das der Anker des zweiten Elektromagnetes zur Anziehung brauchte. Wurde die lange Leitung eingeschaltet, so wurde das Zeitintervall zwischen den beiden Stössen um die Zeit vermehrt, welche der Strom zum Durchlaufen der langen Leitung braucht, vorausgesetzt, dass die Stärke des Stromes in beiden Fällen auf gleiche Grösse gebracht und erhalten war.“ Die Messungen ergaben als Mittel der Zeitintervalle aus je 30 Beobachtungen die folgenden Werthe, nebst ihren Berichtigungen „Ber.“ wegen nichtradialer Stellung der Zeichenstifte:

				Ber.	
A.	Lange Leitung	0″,0568	—	0,0110	= 0″,0458
B.	Kurze „	0,0399	—	0,0145	= 0,0254
C.	Lange „	0,0633	—	0,0165	= 0,0468
D.	Kurze „	0,0444	—	0,0195	= 0,0249
E.	Lange „	0,0682	—	0,0215	= 0,0467

Aus diesen Resultaten ergab sich also für die Zeit, welche der Strom zum Fortpflanzen in dem 607 engl. Meilen langen Draht bedurfte, und zwar

	Abweichung vom Mittel	Entsprechende Geschwindigkeit per Secunde in engl. Meilen
A — B = 0″,0204	0″,00088	29755
A — D = 0,0209	0,00038	29043
C — B = 0,0214	0,00014	28364
C — D = 0,0219	0,00064	27717
E — B = 0,0213	0,00002	28493
E — D = 0,0218	0,00052	27935,

also im Mittel 0,02128 Secunden, was einer Geschwindigkeit von 28524 engl. Meilen entspricht. — Da die Beschreibung der bei den Versuchen vorgenommenen Stromesregulirungen etc. sehr unklar gehalten ist, so können wir unmöglich ein Urtheil über die Genauigkeit, welche die hier vorgeführten Resultate ansprechen dürfen, uns bilden; die Abweichungen der einzelnen Resultate erreichen im Maximum etwa 2000 Meilen.

Aehnliche Versuche wurden — wie es scheint, bald nach den eben erwähnten — von Fizeau und Gounelle auf den Linien von Paris nach Rouen und von Paris nach Amiens im Jahre 1850 ausgeführt [14]. Die erste Linie hatte eine Leitung, $^1/_3$ aus Eisen- und $^2/_3$ aus Kupferdraht mit der Gesammtlänge von 288 Kilometer Draht, die zweite hat eine Gesammtlänge von 314 Kilometern und besteht nur aus Eisendrähten; der Eisendraht hat (natürlich im Mittel) einen Durchmesser von 4^{mm}, der Kupferdraht ist $2{,}5^{mm}$ dick. Die hier angewendete Methode besteht dem Wesen nach darin, dass an zwei Punkten, die durch die lange Drahtleitung mit einander verbunden sind, mittelst eines Commutators der Strom so rasch nach einander unterbrochen und wieder hergestellt wird, dass die an einem in einer Zweigleitung eingeschalteten Differential-Galvanometer stattfindenden Ablenkungen ein Minimum werden. Kennt man die Anzahl der von dem Unterbrecher innerhalb einer Secunde vollführten Umdrehungen m, und ist n die Zahl der Unterbrechungen und Schliessungen, die das Rad gestattet, ferner L die Länge der eingeschalteten Leitung, so ist $V = mnL$ die Geschwindigkeit, die der Strom zu seiner Fortpflanzung in dieser Leitung hatte, um das Minimum der Ablenkung zu bewerkstelligen. Diese Methode hat also, wie wir sehen, sehr grosse Aehnlichkeit mit der oben (S. 478) von Jacobi zuerst angewendeten und in Erwähnung gebrachten; nur war die Einrichtung des hiefür benutzten Apparates bei den Versuchen von Fizeau eine andere, und hiebei wurde, was auch schon Jacobi für besser hielt, ein Galvanometer benutzt, während letzterer in Ermangelung eines solchen Instrumentes den Unterbrechungsfunken zur Beobachtung anwandte. Fizeau und Gounelle machten mit zweierlei Apparaten ihre Versuche, die im Ganzen sich nicht viel unterscheiden. Bei dem einen (*Fig. 212*) schematisch abgebildeten Apparate stellt R ein hölzernes Rad (von 50^{cm} Durchmesser) vor, dessen Umfang in 36 gleiche Abtheilungen getheilt, und welche Theile abwechselnd isolirend und mit Platineinlagen leitend gemacht sind. Dieses Rad kann mit seiner Axe auf eine Schwungmaschine mit Zählwerk aufgesetzt werden, und an

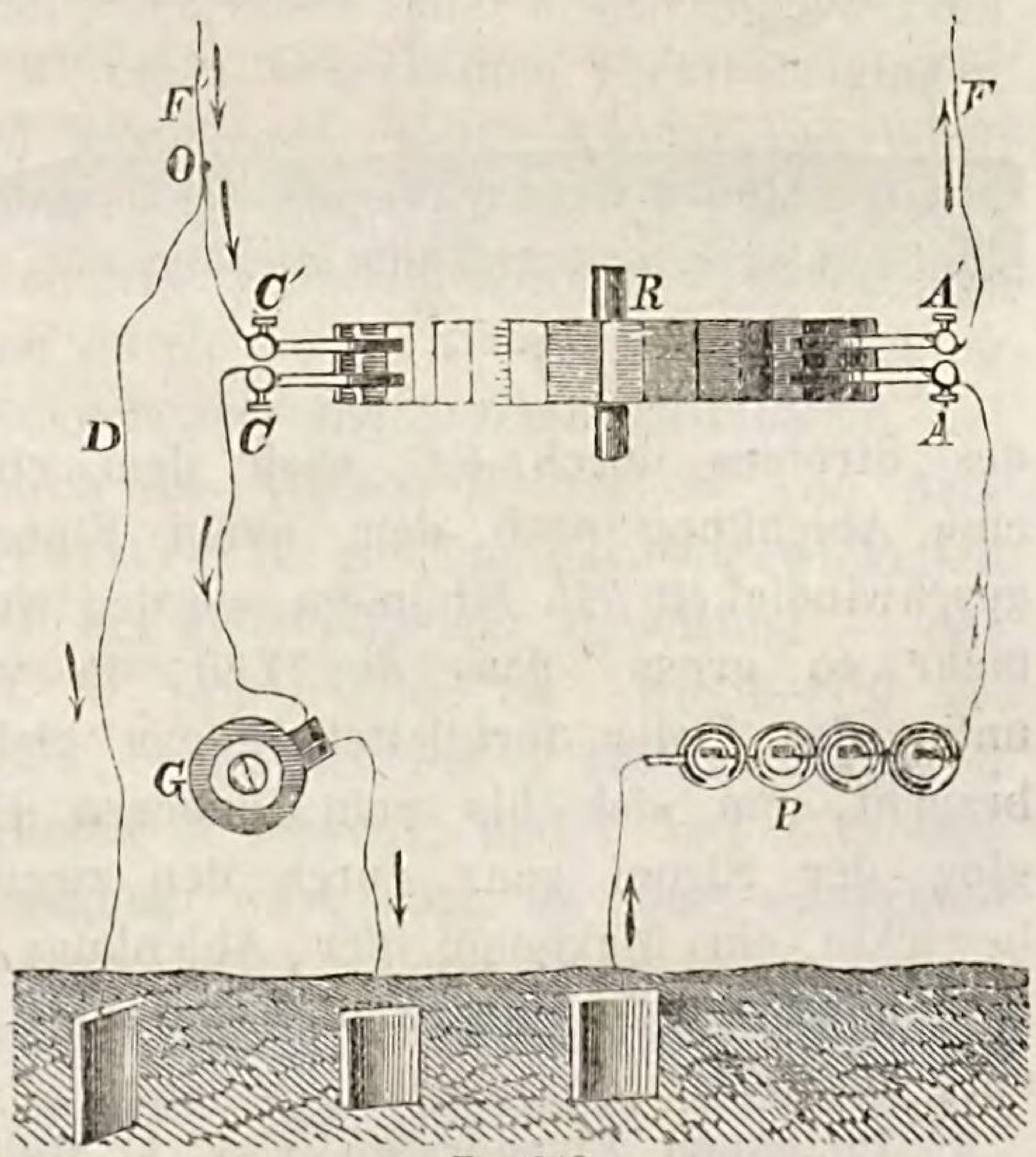


Fig. 212.

zwei gegenüberstehenden Stellen desselben sind die Federpaare AA' und CC' angebracht, welche, je nachdem sie gleichzeitig zwei leitende oder zwei isolirende Theile des Radumfanges berühren, den Strom schliessen oder unterbrechen. Bei dem hier angedeutenten Schema bedeutet P die Volta'sche Kette, FF' sind die Enden der von einer Station nach einer zweiten, z. B. von Paris nach Rouen oder von Paris nach Amiens führenden Drahtleitung; der eine Pol der Kette P ist mit dem Boden, der andere mit der Leitung F mittelst des Unterbrechers AA' verbunden, das Ende F' der Leitung führt zum Unterbrecher CC' und von hier bis zur Erde ist das Galvanometer G eingeschaltet. Aus besonderer Vorsicht (um nämlich eine momentane Entladung des Drahtes herbeizuführen) wurde von O aus eine Zweigleitung zur Erde geführt, um einem allenfallsigen Ladungszustand, der wegen der sehr raschen Rotation des Unterbrechers in der Leitung eintreten könnte, vorzubeugen. — Der andere Apparat, den die genannten Experimentatoren bei ihren Arbeiten vorzugsweise angewendet haben, und den wir wieder schematisch hier (*Fig. 213*) darstellen, ist im Allgemeinen wie der vorige angeordnet, jedoch sind hier drei Unterbrecher AA', BB' und CC' angebracht, wo bei AA' und CC' das Unterbrechen und Schliessen der Kette immer übereinstimmt, hingegen AA' und BB' diess abwechselnd vornehmen, und die Stromherstellung mittelst der Unterbrecher B und C bewerkstelliget wird, so dass entweder mittelst B der Strom durch den einen Draht, oder durch C durch den anderen Draht eines Differentialgalvanometers G zur Erde kommen konnte, je nachdem der eine oder der andere dieser Unterbrecher das Schliessen der Kette vornahm. Wurde nun die Scheibe mit geringer Geschwindigkeit gedreht, so ging der grösste Theil des Stromes durch CC nach dem einen Galvanometerdraht und bewirkte eine Ablenkung nach dem einen Sinne, die mit Zunahme der Rotationsgeschwindigkeit ein Minimum wurde; wurde die Rotationsgeschwindigkeit nunmehr so gross, dass die Zeit, in welcher eine der eingelegten Platten unter der Feder fortgleitet, genau gleich ist der Zeit, welche der Strom braucht, um sich bis zum anderen Ende der Leitung fortzupflanzen, so ging der Strom ganz durch den zweiten Galvanometerdraht zur Erde und bewirkte ein Maximum der Ablenkung nach entgegengesetztem Sinne. Die Resultate, welche Fizeau und Gounelle aus ihren Untersuchungen ableiteten, sind folgende:

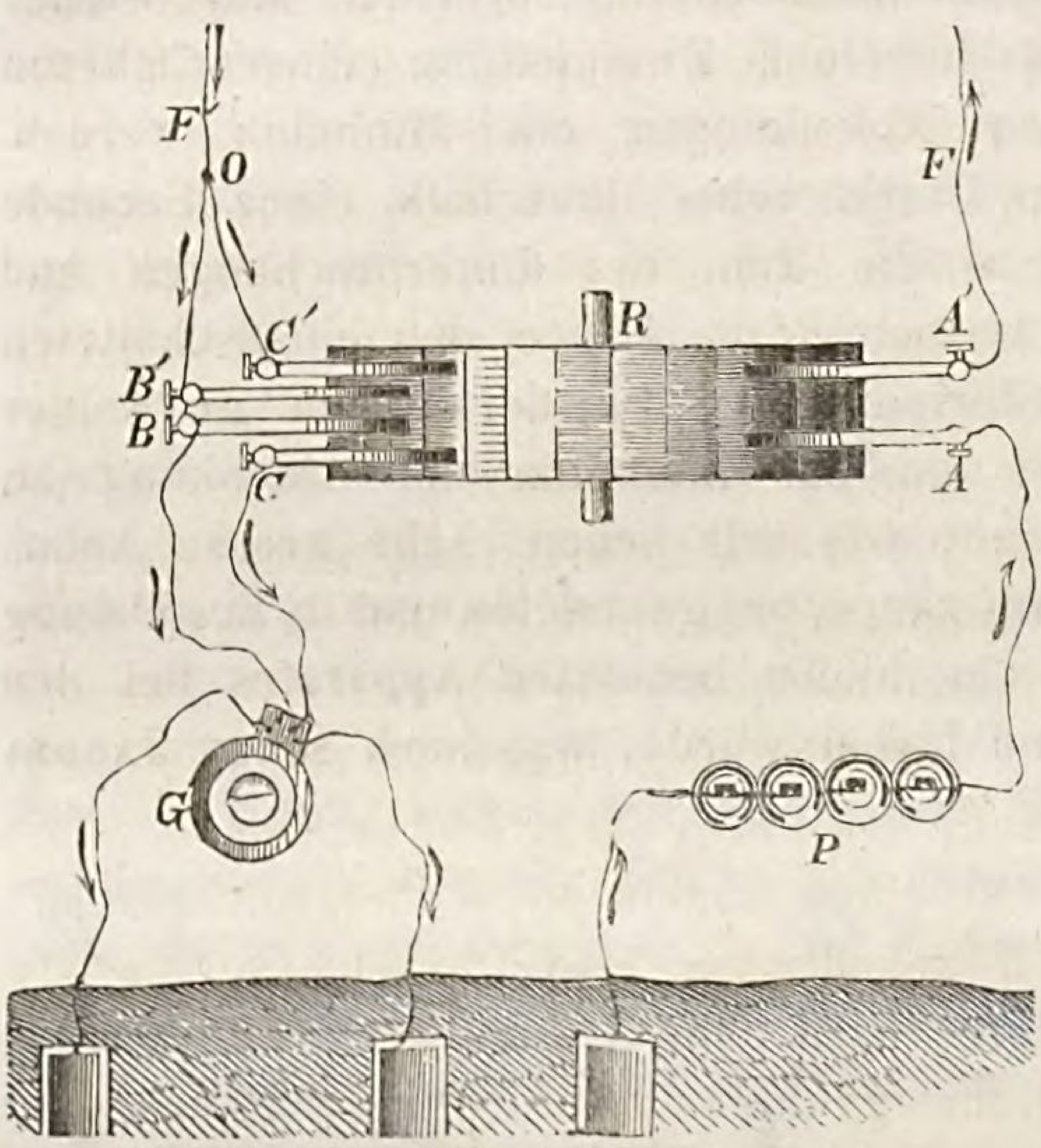


Fig. 213.

1. In einem Eisendrahte von 4 Millimeter Durchmesser pflanzt sich die

Elektricität mit einer Geschwindigkeit von 101700 oder in runder Zahl 100000 Kilometer fort.

2. In einem Kupferdraht von 2,5 Millimeter Durchmesser beträgt diese Geschwindigkeit 177722 Kilometer oder gegen 180000 Kilometer.
3. Die beiden Elektricitäten pflanzen sich mit gleicher Geschwindigkeit fort.
4. Die Anzahl und die Natur der Elemente, aus denen die Batterie besteht, folglich die Spannung der Elektricität und die Intensität des Stromes (also kurzweg die Stromstärke?) haben keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Fortpflanzung.
5. In Leitern von verschiedener Natur ist die Geschwindigkeit nicht proportional dem Leitungsvermögen.
6. Wenn discontinuirliche Ströme in einem Leiter sich fortpflanzen, so erleiden sie eine Diffusion (?), vermöge welcher sie am Orte der Ankunft einen grösseren Raum einnehmen, als an dem des Abganges!
7. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit scheint sich nicht mit dem Querschnitt des Leiters zu verändern; hingegen dürfte dieselbe mit der Natur des Leiters sich ändern, und die obigen Zahlen stellen sodann auch die Geschwindigkeit in Leitungen aus Eisen und Kupfer vor.

Um eine Einsicht in die bisher über die in Rede stehende Frage vorgenommenen Versuche zu erhalten, ist es besonders nothwendig, die Fortsetzung der schon im Jahre 1849 ausgeführten Messungen hier in Rücksicht zu bringen, da wir zugleich die Methode kennen lernen, welche Walker (S. 479) bei seinen Messungen eingeschlagen hat. Diese Versuche wurden am 4. Februar 1850 unter Walker's und Gould's Leitung an der Telegraphenleitung zwischen der Seaton-Station in Washington und St. Louis vorgenommen [15]. Ich beginne hier mit der Beschreibung der hiebei angewandten Methode, die ich unter Benutzung der *Fig. 214* (S. 484) vornehme. Ohne auf den eigentlichen Zweck der hier abgebildeten Bestandtheile des Telegraphen, der unten näher beschrieben werden soll, einzugehen, wird bemerkt, dass M' einen sogenannten Elektromagneten vorstellt, der jedesmal, wenn die bei B angedeutete Kette geschlossen wird, den Anker A' anzieht, und welch' letzterer nach dem Oeffnen der Kette durch die Feder S' wieder in seine vorige Ruhelage gebracht wird. Der Gang des Ankers A' ist hiebei vollkommen bestimmt durch die bei O' und J' angebrachten Stellschrauben; der an dem Ende des Ankerhebels angebrachte Stift macht bei Bewegung von A' gegen M' in den durch die Walzen R^1 und R^2 von dem Haspel H durch Vermittelung des Räderwerkes W gleichmässig abgewickelten Papierstreifen Eindrücke, deren Länge — bei gleichmässiger Bewegung — der Dauer der magnetischen Anziehung von M' proportional ist. Die bei B angedeutete Kette wird jedesmal geschlossen, wenn der bei A an dem Stabe C angebrachte Anker sich gegen den Magneten M bewegt, und P mit J in metallische Berührung kommt; diese Bewegung wird aber an der entfernten Station mittelst eigner Vorrichtungen bewirkt, durch welche die an dieser Station aufgestellte Batterie geschlossen oder geöffnet wird. Wird letztere geöffnet, so bewirkt die bei S angebrachte und mittelst des Schlüssels K gespannte Feder das Abziehen des Ankers A von M; auch die Bewegung dieses Ankers

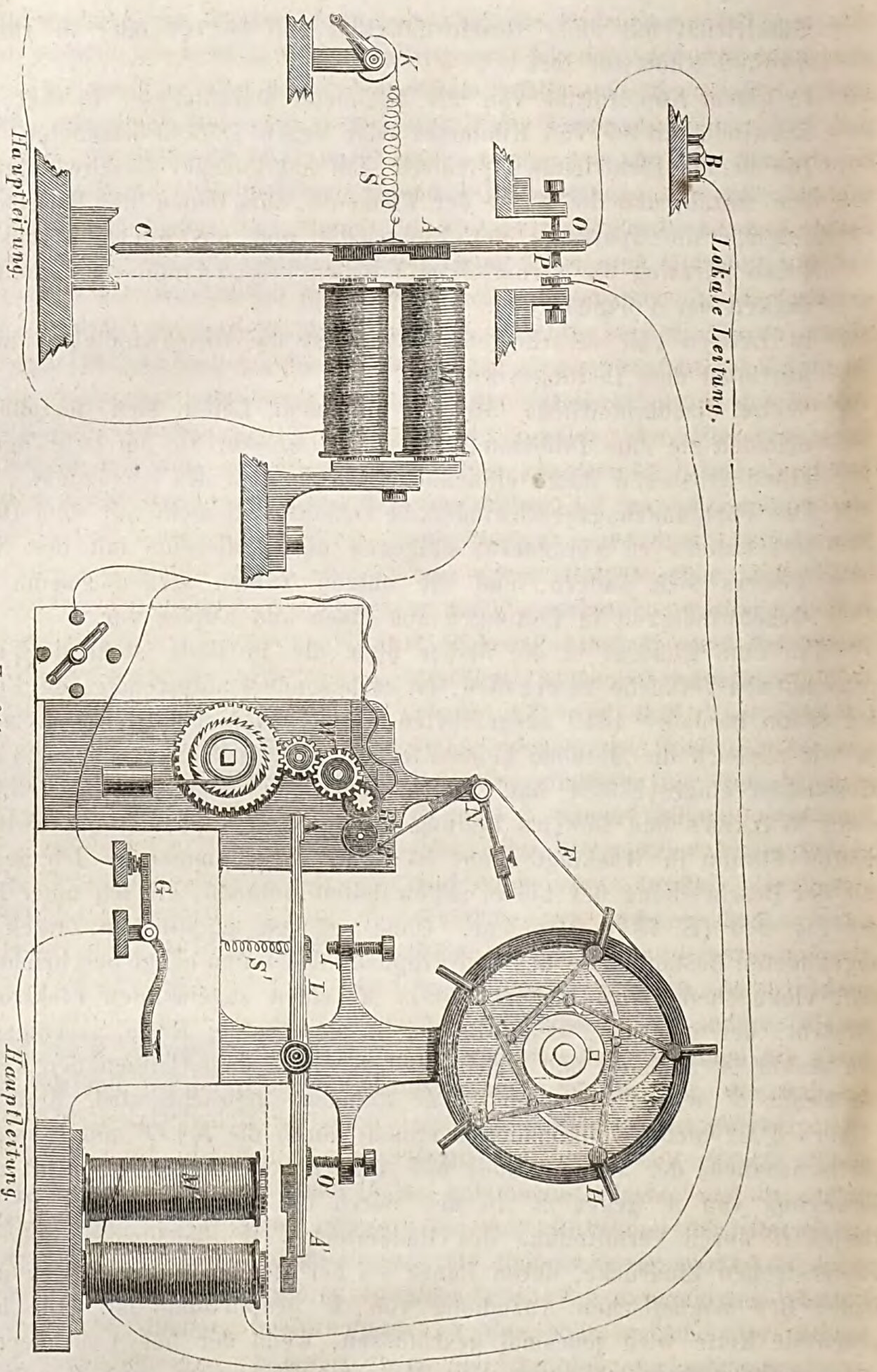


Fig. 214.

wird (bei P und J) geregelt, und dieser soll die bei A' entsprechend sein. Das willkührliche Schliessen und Oeffnen der an der entfernten Station befindlichen Batterie wird mittelst der Vorrichtung G vorgenommen, die an jeder Station eingeschaltet ist, und bei deren gegenwärtiger Lage die Kette geschlossen sein würde, wenn diese Lage an allen eingeschalteten Stationen statt haben

würde. Was nun die Methode betrifft, nach welcher die Untersuchungen vorgenommen wurden, so bestand dieselbe beiläufig in Folgendem. Nimmt man an, dass die ganze Leitungskette geschlossen, und an einem Ende der Leitung, z. B. in Washington, das Pendel einer Secundenuhr am Ende jeder Schwingung für einen Augenblick den Strom unterbreche, und unmittelbar darauf denselben wieder schliesse, so werden auf dem Papierstreifen jeder Station Marken zu Stande kommen, die mit leeren Zwischenräumen, „Pausen" genannt, abwechseln, und die von gleicher Länge sein müssten, wenn die Bewegung des Papierstreifens eine gleichförmige wäre, die Stromintensität keine Aenderungen erleiden würde etc. etc. Die auf diese Weise auf jeder Station durch das Uhrpendel bei der Unterbrechung und Schliessung der gemeinsamen Batterie bewirkten Pausen und Striche sollen Uhrpausen und Uhrmarken heissen. Stellt man sich nun vor, dass, während die Uhrmarken beständig und an allen Stationen zu Stande kommen, an irgend einer entfernten Station durch momentanes Unterbrechen der Leitung mittelst Niederdrücken des Schlüssels *G* ein willkührliches Signal gegeben werde, so wird man durch Vergleichung der einzelnen Aufzeichnungen den zwischen dem Geben und dem Empfangen eines Signales liegenden Zeitraum messen können. Gesetzt, das willkührliche Signal würde in Cambridge gegeben, und die Zeit zur Fortpflanzung eines Signales zwischen Washington und Cambridge betrage $^1/_{30}$ Secunde, so wird die Uhrpause in Cambridge $^1/_{30}$ Secunde nach der Zeit markirt, wo sie in Washington eintrat und verzeichnet wurde, die Signalpause hingegen wird in Cambridge gleichzeitig gemacht und verzeichnet, jedoch um $^1/_{30}$ Secunde früher, als sie nach Washington gelangt; folglich ist das Zeitintervall zwischen der Signalpause und der vorhergehenden Uhrpause in Washington länger als in Cambridge, und zwar beträgt die Differenz der beiden Intervalle das Doppelte der Fortpflanzungszeit für die Signale zwischen den beiden Stationen. Dieses Zeitintervall ist also gleich dem doppelten Abstande beider Stationen (in Drahtlängen ausgedrückt), dividirt durch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Volta'schen Stromeswirkung, und man kann daher letztere bestimmen, wenn die beiden ersten Elemente bekannt sind, und zwar, wenn insbesondere das genannte Zeitintervall genau ermittelt worden ist. — Bei der Ermittelung dieser beiden Elemente kamen nun bedeutende Schwierigkeiten vor, die, obgleich Gould auf alle dabei einwirkenden Umstände Rücksicht zu nehmen suchte, dennoch nicht vollständig aufzuheben waren. Schon die Aufsuchung der Drahtlängen konnte nicht sicher vorgenommen werden; diese Bestimmungen wurden dadurch vorgenommen, dass zu den gemessenen Entfernungen der in der ganzen Linie eingeschalteten Beobachtungsstationen, der vorkommenden Biegungen der Drähte halber, zehn Procent der genannten Distanzen addirt wurden. Es ergaben sich hiefür die folgenden Drahtlängen zwischen den verschiedenen Stationen:

Washington				
288	Pittsburg			
622	334	Cincinnati		
747	459	125	Louisville	
1045	757	423	289	St. Louis.

Gould hält diese Drahtlängen noch für zu klein, so dass also durch den aus diesen Annahmen entspringenden Fehler auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Volta'schen Stromes zu gering ausfallen musste. Weit grösser waren natürlich die Schwierigkeiten, um die Zeitintervalle zwischen Uhr- und Signalpausen der einzelnen Stationen aus den oben markirten Aufzeichnungen der Ankerstifte mit einiger Genauigkeit ermitteln zu können. Vor allem fragt es sich, ob die Intervalle zwischen den Signalen gleich den Intervallen zwischen den Stromunterbrechungen oder den Anfängen der Pausen, oder gleich den Intervallen zwischen den Stromentstehungen oder den Anfängen der Linien seien, oder ob sie endlich besser durch den Abstand von der Mitte einer Pause bis zur Mitte der nächsten Pause gemessen werden. Walker hat die letzte Annahme gemacht, während Gould nur die Stromunterbrechungen benutzte, und gleichzeitig erläuterte, dass die Stromentstehungssignale mit derselben Geschwindigkeit sich fortpflanzen, wie die bei der Unterbrechung, dass ferner die zwischen dem Stromentstehungssignale und der Aufzeichnung desselben auf dem Papierstreifen verflossene Zeit — bestehend aus der sogenannten Inductionszeit in dem Magneten M, aus der Gangzeit des hiezu gehörigen Ankers, aus der zur Fortpflanzung des Stromentstehens in der lokalen Leitung nöthigen Zeit, dann aus der Inductions- und Gangzeit des Elektromagneten M' — bedeutend grösser ist, als die zur Fortpflanzung des Signales in dem Drahte erforderliche, während bei der Aufzeichnung der Stromunterbrechungssignale nicht so viele Störungen eintreten, und diese nach den Ansichten Gould's sich nur auf die sogenannte Eductionszeit, nämlich auf das Zeitintervall beschränken, das zwischen dem Aufhören des Stromes in der Spirale und dem Verschwinden des Magnetismus im Eisen verfliesst, die sogenannte Gangzeit des Ankers des empfangenden Elektromagneten hingegen hier ganz ausser Rücksicht komme. Auch die Aenderungen der Stromstärke können nicht ohne Einfluss sein, und da die Gangzeit mit der Intensität des im Eisen erregten Magnetismus, also auch mit der Stromstärke sich ändert, so war zu erwarten, dass die verschiedenen Uhrpausen auf einer und derselben Linie nicht gleich lang sein werden. Die von Gould hierüber mitgetheilten Zahlen für die mittleren Längen der Uhrpausen jeder Station für fünf auf einander folgende Minuten haben diess auch bestätigt; so war die mittlere Länge der Uhrpause innerhalb fünf Minuten zu Seaton im Maximum $0^s{,}103$, im Minimum $0^s{,}072$, zu St. Louis im Maximum $0^s{,}118$, im Minimum $0^s{,}092$ etc. etc.

Die Resultate der Messungen aller am 4. Februar vorgenommenen Beobachtungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, wobei die Differenzen zwischen den Signalpausen und vorhergehenden Uhrpausen zwischen Washington und den übrigen Stationen in der Rubrik „Intervall“ aufgeführt sind: der Quotient aus der doppelten Distanz (in Drahtlängen ausgedrückt) der betreffenden Station von der Seaton-Station bei Washington getheilt durch das zugehörige Intervall in Secunden gibt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Signale von St. Louis.

Aufzeichnung.	Zahl der Beobacht.	Intervall.	Wahrscheinlicher Fehler.	Geschwindigkeit.	Kleinere Grenze.	Grössere Grenze.
		Secunden.	Secunden.	Engl. Meilen.		
Pittsburg..........	37	0,0373	0,00267	15442	14410	16633
Cincinnati.........	46	0,0844	0,00148	14748	14494	15012
Louisville.........	46	0,1163	0,00149	12846	12684	13012
St. Louis	36	0,1108	0,00173	13484	13276	13698
Signale von Cincinnati.						
Pittsburg..........	32	0,0283	0,00459	20400	17513	24294
Cincinnati.........	32	0,0752	0,00486	16543	15534	17685
Louisville.........	32	0,0750	0,00489	16578	15571	17744
St. Louis	26	0,0704	0,00442	17670	16627	18854
Signale von Louisville.						
Pittsburg..........	56	0,0451	0,00252	12772	12096	13527
Cincinnati.........	60	0,0950	0,00302	13095	12691	13525
Louisville.........	65	0,1343	0,00252	11124	10919	11337
St. Louis	61	0,1451	0,00329	14404	14085	14738
Signale von Pittsburg.						
Pittsburg..........	44	0,0295	0,00154	19525	18557	20601
Cincinnati.........	36	0,0317	0,00233	18170	16926	19612
Louisville.........	37	0,0347	0,00258	16591	15451	17922
St. Louis	10	0,0405	0,00249	12659	12003	13392

Als mittlere Werthe gibt Gould die nachstehenden an:

	Mittleres Zeitintervall.	Geschwindigkeit.
Pittsburg	0,03567	16147 engl. Meilen in der Secunde
Cincinnati	0,08289	15008 „ „ „ „ „
Louisville	0,12261	12155 „ „ „ „ „
St. Louis	0,14510	14404 „ „ „ „ „

Aus der Combination sämmtlicher Zahlen nach der Methode der kleinsten Quadrate erhält Gould als Resultat der Versuche vom 4. Februar eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 14900 engl. Meilen in der Secunde mit einem wahrscheinlichen Fehler des Mittels von ± 10 engl. Meilen.

Ferner hält es Gould nicht für unwahrscheinlich, aus den vorstehenden Tabellen entnehmen zu dürfen, dass die Stationen auf der Linie zwischen Washington und St. Louis die Signalpausen um so später empfangen haben, je weiter sie von der Zeichen gebenden Station entfernt sind, und dass die Verspätung jener Entfernung direct proportional sei. Ueberhaupt sei man berechtiget, anzunehmen, dass die durch Schliessen oder Unterbrechen der Telegraphenleitung gegebenen Signale die einzelnen Stationen eine nach der anderen erreichen, und dass sie mit einer endlichen und messbaren Geschwindigkeit fortgepflanzt werden. — Die weiteren Erörterungen, die sich auf die Frage beziehen: „auf welchem Wege die Signale die verschiedenen Stationen erreicht haben, ob sie in dem Falle, dass die Leitung durch die Erdoberfläche

kürzer ist, als durch den Draht, durch die Erde fortgepflanzt sind (wie Walker annimmt), oder ob sie nur die Drähte durchlaufen haben, und mit welcher Geschwindigkeit in beiden Fällen die Fortpflanzung erfolgt ist?“ sind nicht so klar, dass wir von denselben hier Gebrauch machen können; ausserdem hängen dieselben mit eigenthümlichen Vorstellungsweisen zusammen, die man der Verbreitung der elektrischen Erregung in geschlossenen Leitern zu Grunde legte, und vermöge welchen nach Gould's Ansicht die Erde — um bildlich zu sprechen — wie ein ungeheures Reservoir zu betrachten sei, das in jedem Augenblicke eine beliebige Menge von Elektricität aufnehmen und abgeben kann, während Walker die Annahme für die richtigere hält, dass ein Signal von einem Ende der Leitung zu dem anderen durch die Erde auf dieselbe Weise fortgepflanzt werde, wie durch den Draht. In welcher Weise Gould seine Ansichten zu begründen sucht, soll noch in Erwähnung kommen, hier soll einstweilen bloss bemerkt werden, dass die sämmtlich in Rede stehenden Resultate dadurch gewonnen worden sind, dass als Leiter der Signale nur die aus Draht bestehende Telegraphenleitung berücksichtiget, von der in die Kette eingeschalteten und im Ganzen 742 engl. Meilen langen Erdstrecke aber dabei Umgang genommen worden ist.

Bezüglich der Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Stromes von der Stromstärke konnten bei diesen Versuchen keine entscheidenden Resultate gegeben werden. Auf den mittleren Stationen waren zwar mehrere Batterien eingeschaltet, und zwar war die stärkste — aus 50 Grove'schen Bechern, zu 0,57 Liter Inhalt, bestehend — in Pittsburg, und es scheint aus der Vergleichung der verschiedenen Geschwindigkeiten hervorzugehen, dass zwischen Pittsburg und Washington und zwischen Pittsburg und Cincinnati die Fortpflanzungsgeschwindigkeit am grössten war; bei dem Versuche von Walker aber, wobei eine Batterie zwischen der Signalstation und dem Orte der Aufzeichnung (nämlich zwischen Pittsburg und Washington) einmal eingeschaltet worden war, konnte ein Unterschied in den Fortpflanzungszeiten nicht wahrgenommen werden.

Durch Combination der sämmtlichen mit dem elektro-magnetischen Telegraphen angestellten Experimente der Küstenvermessung kam Gould zu dem endlichen Ausspruche: „Als wahrscheinlichster Werth ergibt sich eine Geschwindigkeit von 15890 Meilen (3446 geogr. Meilen) in der Secunde.“ Hiebei erwähnt er schliesslich den weiteren merkwürdigen Umstand, dass, wenn man den aus Wheatstone's Versuchen hervorgehenden Werth (S. 475 fg.), welcher die Geschwindigkeit des elektrischen Entladungsfunkens in einem Kupferdraht vom Durchmesser 1,75^{mm} ausdrücken soll, mit dem specifischen Leitungswiderstand des Kupfers — auf Eisen bezogen — multiplicirt, die Zahl 51096 für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit erhalten werde, und dass diese Zahl sich zu der eben von Gould gefundenen Geschwindigkeit fast genau so verhalte, wie sich die Querschnitte der Leitungsdrähte verkehrt verhalten.

Ehe wir die sämmtlichen hier angeführten Messungen zusammenstellen, muss bemerkt werden, dass die Oberleitung der Küstenvermessung zu Was-

hington ausserdem am 5. Februar 1850 zwischen Washington und Charleston noch Versuche anstellte, wobei sich 16856 engl. Meilen als Fortpflanzungsgeschwindigkeit herausstellten, während die zwischen Boston und New-York mittelst des elektrischen Telegraphen vorgenommenen Messungen die Geschwindigkeit von 13333 engl. Meilen ergaben [16]. — Ferner haben wir unter den neueren Versuchen dieser Art die von Burnouf und Guillemain im Jahre 1854 ausgeführten noch in Erwähnung zu bringen [17]. Diese Messungen wurden anfänglich — durch einen Monat — auf der Linie von Toulouse nach Foix vorgenommen, wo eine Doppelleitung besteht, bei welcher die Luftleitungsdrähte parallel neben einander in einer Entfernung von 30 bis 40 Centimeter (etwa 11 — 14 $^3/_4$″), und die im Boden befindlichen Strecken derselben zuweilen sehr nahe neben einander (gegenseitig isolirt!) lagen; jede dieser Leitungen ist aus Eisendraht von 4^{mm} (1‴,773) Durchmesser und 82 Kilometer (etwa 11 geogr. Meilen) lang, so dass also eine Drahtstrecke von 164 Kilometer (beiläufig 22,1 geogr. Meile) benutzt werden konnte. Die Wiederholung der Versuche wurde im August desselben Jahres auf den Linien zwischen Toulouse und Bordeaux, wo die Doppelleitung eine Länge von 566 Kilometer (etwa 76,3 geogr. Meilen) und zwischen Toulouse und Carcassonne bei einer Gesammtlänge der Drahtleitungsstrecke von 204 Kilometer (etwa 27,5 geogr. Meilen) nach gleicher Methode wie im ersten Falle vorgenommen. Bei diesem Verfahren wurde ein Galvanometer (mit kurzem Draht) in die Kette eingeschaltet, während in rascher Aufeinanderfolge mittelst eines aus vier an einer Stahlaxe angebrachten und an ihren Rändern mit je 16 eingelassenen (2^{mm},05 breiten) Messingstreifen versehenen Holzscheiben von je 5 Centimeter Durchmesser die Kette geschlossen und geöffnet werden konnte. Aus der Rotationsgeschwindigkeit, bei welcher die Ablenkung ein Minimum wurde und ein solches verblieb, wurde die Fortpflanzungsgeschwindigkeit bestimmt. Aus ihren Messungen, die bis jetzt ebenso wenig wie die von Fizeau und Gounelle (S. 481) vorgenommenen zur öffentlichen Kenntniss kamen, schliessen Guillemain und Burnouf, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Secunde 180000 Kilometer (24258,24 geogr. Meilen) betrage. Die Methode selbst unterscheidet sich dem Wesen nach gar nicht von der, welche Fizeau und Gounelle anwendeten, und welcher bekanntlich die von Jacobi benutzte Idee (S. 478) zu Grunde liegt; aber in der Ausführung ihrer Versuche weichen Guillemain und Burnouf in mancher Beziehung von jener ab und sind dabei auf die Beobachtung einiger Erscheinungen gekommen, die jedenfalls von Interesse sind. Obgleich hier Gelegenheit gegeben war, sowohl zur Hin-, als auch zur Rückleitung eine Drahtleitung zu benutzen, so wendete man dabei dennoch für den beabsichtigten Zweck immer nur die zwischen den Stationen befindliche Erdstrecke zur Rückleitung an.

Stellen wir einstweilen die hier vorgeführten, bloss zur Ermittelung der Geschwindigkeit der Fortpflanzung der elektrischen Wirkungen vorgenommenen Versuche zusammen, so erhalten wir die folgende Uebersicht über die erlangten Resultate:

Beobachtete momentane Wirkung des elektrischen Stromes.	Leitungsstrecke und Länge der Hauptleitung.	Beschaffenheit und Anordnung der Leitung.	Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Secunde in geogr. Meil.	Beobachter und Zeit der Ausführung der Untersuchung.	Bemerkung.
1. Der Entladungsfunke der Leydener Flasche.	½ engl. Meile Länge.	Kupferdraht von 0,75‴ Dicke.	*62606*	WHEATSTONE; 1833—1834	Homogene, aus Paralleldrähten bestehende Drahtleitung.
2. Graphische Wirkung des Ankers eines Elektromagneten.	Washington-Cambridge. Beiläufig 186 geogr. Meilen.	Eisendraht; beiläufig 1,33‴ dick.	*4054*	WALKER; 23. Januar 1849.	Rückleitung durch den Boden.
3. Ebenso.	Washington-Cincinnati. Beiläufig 125,6 geogr. Meilen.	Ebenso.	*3470*	WALKER; 31. October 1849.	Ebenso.
4. Mechan. Wirkung des Ankers eines Elektromagneten gegen eine sich drehende Scheibe.	Cincinnati-Pittsburg. Etwa 131,5 geogr. Meilen.	Ebenso.	*6186*	MITCHEL; 12. November 1849.	Mit Ausnahme einer eine engl. Meile langen Erdstrecke eine ganz homogene Drahtleitung.
5. Ablenkung der Nadel eines Differential-Galvanoskopes.	Paris-Rouen und Paris-Amiens.	Eisendrahtleitung; 1,773‴ dick.	*15705*	FIZEAU u. GOUNELLE; (?) 1850.	Rückleitung durch den Boden. Gesammtlänge der Eisendrahtleitung: 55¼ geogr. Meilen; die aus Kupferdraht: 25,9 geogr. Meilen.
6. Ebenso.	Wie vorher.	Kupferdrahtleitung, von 1,109‴ Dicke.	*23951*	FIZEAU u. GOUNELLE; (?) 1850.	
7. Graphische Wirkung des Ankers eines Elektromagneten.	Washington-St. Louis. 226,5 geogr. Meilen.	Eisendraht; beil. 1,33‴ dick.	*5232*	GOULD; 4. Februar 1850.	Rückleitung durch den Boden.
8. Ebenso.	Washington-Charleston.	Ebenso.	*3656*	WALKER; 5. Februar 1850.	Wie vorher.
9. Chemische Wirkung.	Boston-New-York. 47,7 geogr. Meilen.	Eisendraht.	*2892*	WALKER; 8. Juli 1850.	Wie vorher.
10. Magn. Ablenkung der Nadel eines Differential-Galvanoskopes.	Toulouse-Foix. 22,1 geographische Meilen.	Eisendraht von 1,773‴ Dicke.	*24258¼*	GUILLEMAIN und BURNOUF, (?) 1854.	Wie vorher.

Betrachtet man die vorstehenden Resultate, so könnte man im ersten Augenblicke zu der Ansicht gelangen, dass dieselben, da die Zahlenwerthe bedeutende Unterschiede zeigen, einander ganz und gar widersprechen; bei näherer Erwägung aller der oben angeführten Umstände aber stellt sich die Sache anders dar. — Was vor allem das von Wheatstone erhaltene Resultat betrifft, so lässt sich eine Vergleichung desselben mit den nachfolgenden Zahlen nicht anstellen, da die Umstände, unter denen dasselbe erhalten wurde, ganz andere waren, wie die bei den übrigen Versuchen. Bei den Wheatstone'schen Versuchen wurde eine homogene, verhältnissmässig sehr kurze Leitung angewendet, die Wirkung konnte nur bei unterbrochenem Schliessungsbogen zu Stande kommen, und es steht überhaupt in Frage, ob nicht ganz dieselben Resultate bei Anwendung einer noch viel längeren Leitung erhalten worden wären, wie auch Wheatstone selbst schon angedeutet hat*. Ferner scheint es, dass die in dem unterbrochenen Schliessungsbogen eines elektrischen Ladungsapparates stattfindenden Vorgänge schon während des Ladens der Flasche andere sind, als die in einer offenen Volta'schen Kette. In jenem Falle erscheint schon von dem Augenblicke an, in welchem die Elektrisirmaschine in Thätigkeit versetzt wird, jeder mit dem äusseren Belege der Flasche in Verbindung stehende isolirte Leiter eine gewisse Ladung anzunehmen, und bei hinreichender Verkürzung der Unterbrechungsstelle kommt dann der Entladungsfunke bei einer gewissen Schlagweite zu Stande. Ist nun unter diesen Umständen die Dauer der Ausgleichung von der Länge des Schliessungsbogens abhängig oder nicht? Diese Frage könnte vielleicht entschieden werden, wenn es bei den Versuchen möglich wäre, in demselben Augenblicke erst den langen Schliessungsbogen einzuschalten, in welchem die Entladung der Flasche vorgenommen werden soll. (Ob aber die Ladungserscheinungen in einer offenen Volta'schen Kette von derselben Art sind, wie die erwähnten, kann hier einer näheren Betrachtung nicht unterzogen werden.) Ausserdem dürfte es von Interesse sein, im Falle die Wheatstone'schen Messungen zur Wiederholung kämen, die Messingkugeln des Funkenbretts (*Fig. 208*, S. 473) durch Kugeln aus anderen Metallen abwechselnd bei verschiedenen Versuchen zu ersetzen, um zu sehen, ob die Verlängerung der Entladungsfunken, wie sie bei äusserst grosser Rotationsgeschwindigkeit des rotirenden Spiegels erscheinen, unter allen Umständen dieselben bleiben. — Die von Wheatstone nach seinen scharfsinnigen Untersuchungen erhaltenen Resultate, die über so viele wichtige Punkte Aufschluss zu ertheilen vermögen, geben übrigens jedenfalls zu erkennen, dass der Entladungsfunke der Leydener Flasche selbst in den längsten Leitungen nach einem äusserst kurzen Zeitintervall zu Stande kömmt, und es scheint, dass diese Geschwindigkeit als die grösste unter allen, die bei der Fortpflanzung der Wirkungen irgend eines Agens bis jetzt, beobachtet werden konnte, betrachtet werden muss. Da, wie Wheatstone (a. a. O. p. 590) bemerkt, der Unterbrechungsfunke eines starken magneto-elektrischen Apparates

* „*The elongation of the sparks at the interruptions of the wire above noticed were no doubt owing to this circumstance — that the diameter of the wire was not sufficiently great to allow the charge of the jar to pass through it except in a successive manner. The duration of the discharge in the cases of these sparks appeared to be longer than the time required for the electricity to pass through many miles of wire*“ (a. a. O. p. 590*).

bei den schon mehrfach erwähnten Versuchen bedeutend in die Länge gezogen erschien, so scheint es, dass dieser Funke von weit grösserer Dauer und vermuthlich auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser Ströme in langen Leitern eine endliche sein möchte.

Die unter Nr. 2—10 der vorstehenden Tabelle (S. 490) erwähnten Versuche wurden alle unter fast gleichen Umständen vorgenommen, es wurde nämlich immer eine Volta'sche Batterie als Stromquelle benutzt; jedoch waren die dabei beobachteten Wirkungen verschieden. Bei den unter der Oberleitung der nordamerikanischen Küstenvermessung angestellten Versuchen wurde zum grössten Theile der Morse'sche Telegraph mit Relais angewendet, ebenso bei den von Mitchel ausgeführten Messungen, während nur in einem Falle von Walker die chemischen Wirkungen benutzt wurden; hingegen beobachteten die französischen Physiker die Nadelablenkungen an einem Multiplicator. Man sieht aber aus den vorstehenden Resultaten, dass jeder beobachteten Stromeswirkung eine andere mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit entspricht, und zwar ist diese bei einfachen Nadelablenkungen am grössten, sie ist bei der elektromagnetisch-mechanischen Wirkung des Morse'schen Schreibstiftes weit geringer, und fällt am Kleinsten aus, wenn man die chemischen Wirkungen des Stromes zur Bestimmung derselben anwendet. Diese Resultate widersprechen also gegenseitig nicht, sondern zeigen vielmehr, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Volta'schen Stromes von der Stromeswirkung, durch welche man dieselbe beobachten will, nicht unabhängig ist. Schon dieser Umstand möchte also darauf hindeuten, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von dem Widerstande des Schliessungsleiters (und vermuthlich also auch von dem innerhalb der Kette selbst) abhängig sein muss. Ob aber die vorstehenden Zahlen wirklich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der besprochenen Stromeswirkungen absolut ausdrücken, lässt sich nicht mit Bestimmtheit aus dem vorliegenden Material ersehen; jedenfalls ist es nothwendig, die in Amerika angestellten Versuche von den in Frankreich vorgenommenen dabei zu trennen. Die von der Oberleitung der nordamerikanischen Küstenvermessung ausgeführten Untersuchungen sind sowohl im Allgemeinen, als auch im Detail zugänglich gemacht worden; man kennt die Verfahrungsweisen, welche angewendet wurden, man weiss, wie die gewonnenen Aufzeichnungen benutzt und wie Resultate aus denselben abgeleitet worden sind; man kann sich ferner überzeugen, dass bei der Berechnung der Versuche von den Gelehrten, unter deren Leitung die Arbeit durchgeführt wurde, auf alle Umstände und Nebenwirkungen Rücksicht genommen wurde, die auf die Resultate von Einfluss sein konnten. Aehnliches muss auch betreffs der von Mitchel vorgenommenen Messungen erwähnt werden. Nicht so ist es aber bei den von den oben genannten französischen Physikern veröffentlichten Resultaten; aus den mir hierüber zur Einsicht gekommenen Mittheilungen ersieht man wohl im Allgemeinen, welches Verfahren angewendet, und wie die Beobachtungen verwerthet wurden; aber die Messungen selbst, ferner die aus diesen Messungen abgeleiteten Resultate, den Grad der Uebereinstimmung der letzteren etc. kann man nicht sehen; man kennt bloss das mittlere Resultat der Messungen, und hiebei kömmt es sogar

den Verfassern der betreffenden Mittheilungen nicht darauf an, 100000 statt 101700 Kilometer für die Geschwindigkeit im Eisendrahte und 180000 Kilometer statt 177722 für die im Kupferdrahte zu nehmen, so dass sie also selbst ihre Resultate willkührlich um 230 bis 300 geogr. Meilen vermindern oder vermehren, um eine runde Zahl zu bekommen, während die amerikanischen Astronomen sogar ihre Resultate bis auf einen wahrscheinlichen Fehler von etwa ± 10 engl. Meilen (etwa 2,2 geogr. Meilen) zu bestimmen suchten. Unter solchen Umständen lässt sich also von den in Frankreich in den Jahren 1850 und 1854 vorgenommenen Messungen, in so weit dieselben in den bis jetzt zugänglich gewordenen Quellen veröffentlicht worden sind, vorläufig nur eine relative Anwendung machen, während die nordamerikanischen Arbeiten über diesen Gegenstand genaue Aufschlüsse verschaffen. — Was nun die Resultate der von Gould veröffentlichten Beobachtungen betrifft, so zeigen die einzelnen Messungen, wie wir oben (S. 487) schon gesehen haben, eine gute Uebereinstimmung, und selbst diese würde einen höheren Grad von Genauigkeit erlangt haben, wenn nicht Umstände eingewirkt hätten, die nicht in Rechnung gezogen werden konnten. So bemerkt Gould, dass eine ganz gleichmässige Bewegung des Papierstreifens bei seinen Versuchen nicht erzielt werden konnte, dass hingegen unter Anwendung eines anderen bereits schon vorbereitet gewesenen Apparates dieser Uebelstand bei späteren Arbeiten beseitiget werden könne; ferner erwähnt Gould, dass die Aufzeichnungen einzelner Stationen sehr undeutlich gehalten waren, und dass sogar die Qualität des angewendeten Papieres nicht ohne Einfluss war. Trotzdem zeigen aber seine Messungen mit den von ihm berechneten und anderweitig unter der Oberleitung der Küstenstationen ausgeführten Untersuchungen, wenn man die obwaltenden Umstände berücksichtiget, eine genügende Uebereinstimmung. Das von Gould erhaltene Endresultat (S. 488) sowohl, als auch die einzelnen Zahlen weichen aber sehr bedeutend von dem Resultate der sehr genauen Messungen ab, die von Mitchel (s. S. 480) vorgenommen wurden, während dieselben eigentlich, unter gleichen Umständen ausgeführt, nahezu gleich sein sollten. Die Ursachen dieser Abweichungen dürften daher einer kurzen Erwägung unterzogen werden. Ein Theil der Ursachen liegt in den bereits schon erwähnten Uebelständen, die von Mitchel gleich von vorne herein beseitiget worden waren; ein anderer Theil möchte ferner darin liegen, dass die Länge der Leitung bei der Küstenvermessung bedeutend grösser, als bei der von Mitchel benutzten Leitungsstrecke war, und da die Drahtlängen nur geschätzt, nicht aber gemessen werden konnten, und, wie Gould erwähnt, vermuthlich zu klein angenommen waren, so möchten also auch aus diesem Grunde die erhaltenen Zahlen für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu klein ausgefallen sein. Diese Umstände können aber, da bei der grossen Zuverlässigkeit, mit welcher Gould seine treffliche Arbeit durchführte, dieselben von keinem grossen Einflusse waren, nicht die einzigen gewesen sein, denn das von ihm erhaltene Endresultat von 3446 geogr. Meilen weicht von dem aus Mitchel's Messungen hervorgehenden, das 6186 geogr. Meilen beträgt, noch zu viel ab. Ich suche einen Theil der Ursachen dieser sehr bemerkbaren Abweichung in dem Umstande, dass Gould

bei der Bestimmung der Geschwindigkeit aus den gemessenen Zeitintervallen (S. 487) bloss die Längen der Drahtleitungen zwischen Washington und den einzelnen Stationen, nicht aber die Längen der dabei eingeschalteten Erdstrecken berücksichtiget hat. Gould hat seine oben erwähnte Ansicht (S. 488), vermöge welcher die Signale sich nur durch die Metallstrecke der Leitung, nicht aber auch durch die Erde fortpflanzen, unter Anderem dadurch zu begründen gesucht, dass derselbe für die Fälle, in welchen die Entfernung zwischen den Stationen durch die Erde kürzer ist, als durch den Draht, die Geschwindigkeit nach beiden Hypothesen, nicht aber auch unter der Annahme berechnete, dass die ganze Verbindungsstrecke, theils aus Draht, theils aus Erdboden bestehend, die Leitung bilde; aus der geringeren Uebereinstimmung der nach der zweiten Hypothese erhaltenen Zahlen wurde dann geschlossen, dass die erste die wahrscheinlichere sei. Die hiebei erhaltenen und (a. a. O. p. 24) zusammengestellten Resultate konnten aber der Natur der Sache nach nicht anders ausfallen, und scheinen weder die eine noch die andere Hypothese zu bestätigen. Will man bei Berechnung der Geschwindigkeit die Länge der eingeschalteten Erdstrecke ausser Acht lassen, so muss man durch experimentell begründete Untersuchungen zu der Annahme berechtiget sein, dass die Stromentstehung innerhalb der Leitungsstrecke, welche durch die Erde gebildet wird, momentan erfolge. Da nun die von Gould citirten theoretischen Untersuchungen hierüber keinen Aufschluss geben, experimentelle Erörterungen über diese Frage aber keine vorliegen, so ist man zu einer derartigen Annahme nicht berechtiget. Welchen Einfluss die Leitungsfähigkeit der einzelnen Theile des ungleichartigen Schliessungsbogens einer telegraphischen Leitung auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Signale hat, ist durch die bisherigen Versuche nicht ermittelt worden, es kann daher auch aus diesen Gründen nicht als rathsam erscheinen, die in der Telegraphenleitung befindliche Erdstrecke im vorliegenden Falle ausser Rücksicht zu lassen. Hätte man bei den oben aufgeführten Untersuchungen auch nur für zwei Stationen sowohl für die Hin- als auch für die Rückleitung einen Draht benutzt, und die Ermittelungen für dieselbe Strecke auch unter Benutzung der Erdleitung vorgenommen, so würde man wenigstens angenäherte Aufschlüsse zur Beantwortung der in dieser Beziehung von Gould aufgestellten Fragen gewonnen haben. Unter den obwaltenden Umständen müssen wir daher bei Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit aus den gemessenen Zeitintervallen auch der dritten Hypothese Rechnung tragen, und es scheint, dass unter Annahme der letzteren die erhaltenen Zahlen vorläufig eine nicht geringere Zuverlässigkeit anzusprechen haben, als durch alleinige Beibehaltung der ersten oben zur Anwendung gekommenen. Für diese Ansicht scheinen wenigstens die von Mitchel angestellten Untersuchungen (S. 479) zu sprechen, bei welchen von der ganzen 607 engl. Meilen langen Leitungsstrecke der grösste Theil, nämlich 605 bis 606 engl. Meilen, aus Eisendraht bestand. Da die hiebei vorgenommenen Messungen einen grossen Grad von Genauigkeit zu besitzen scheinen, in so weit man nämlich im Stande ist, aus den (a. a. O.) bekannt gewordenen Mittheilungen eine Einsicht darüber zu erlangen, so möchten diese Untersuchungen neben

den unter Walker und Gould ausgeführten zu den brauchbarsten gehören. Nach Mitchel's Messungen beträgt aber im Mittel die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der fast nur aus Eisendraht bestehenden Leitung (S. 481) 28524 engl. oder 6186 geogr. Meilen. Nun ist aber bemerkenswerth, dass, wenn man die Gould'schen Messungen unter der Voraussetzung benutzt, dass der Strom durch die ganze Strecke (Drahtleitung und Erde) hergestellt und unterbrochen wurde, um Signale zu bewerkstelligen, die hieraus berechneten Geschwindigkeiten im Allgemeinen keine bedeutenderen Abweichungen zeigen, wie die von Gould nach seiner Hypothese ermittelten unter sich haben, und ausserdem dem Resultate von Mitchel nicht widersprechen. Benutzt man aber nur allein die zu Washington und St. Louis auf der Strecke von beiläufig 1045 engl. Meilen Eisendraht und 528 engl. Meilen Erdleitung gemachten Aufzeichnungen, so erhält man 28386 engl. oder 6157 geogr. Meilen als Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Secunde, also eine Zahl, die fast genau mit der von Mitchel erhaltenen übereinstimmt. Diese Betrachtungen dürften uns also zu der Annahme berechtigen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Signale in der Secunde unter Benutzung des Morse'schen Telegraphen nicht weniger als 6000 geogr. Meilen beträgt. Dieselben zeigen aber noch weiter, dass wir ein absolut richtiges Maass für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit noch nicht durch die bis jetzt ausgeführten Untersuchungen erhalten haben, und es dürfte sogar die Meinung ausgesprochen werden, dass die Geschwindigkeit bei verschiedenen Telegraphenstrecken, bei welchen ein Theil der Leitung aus Draht, der andere aber aus Erdboden besteht, in der Wirklichkeit auch von örtlichen Verhältnissen nicht unabhängig sein und daher verschieden ausfallen könnte.

Den künftigen Untersuchungen bleibt also noch vorbehalten, über die hier angeregten Fragen bestimmte Aufschlüsse zu ertheilen und experimentell darzulegen, in wie weit die schon früher über die Abhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von dem Schliessungsleiter aus theoretischen Principien von Poggendorff u. A. gefolgerten Beziehungen durch die Versuche ihre Bestätigung finden; ferner wäre dann, wenn sich mit Bestimmtheit auf experimentellem Wege herausgestellt hat, welche Beziehung zwischen Fortpflanzungsgeschwindigkeit und dem ausserwesentlichen Leitungswiderstand der Kette stattfindet, noch weiter zu untersuchen, wie der Leitungswiderstand von Erdstrecken dabei in Rechnung zu bringen sei, und dieser Widerstand müsste dann für jede zwischen zwei Stationen befindliche Strecke besonders ermittelt und in Rücksicht gebracht werden. — Ebenso dürfte bei künftigen Arbeiten dieser Art die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Stromstärke zur Untersuchung kommen, und zwar dadurch, dass die Zahl der Elemente der Haupt- oder Leitungsbatterie an einer der Endstationen nach und nach so weit vergrössert wird, bis man zu einer entscheidenden Grenze gelangt. Ferner dürfte es wünschenswerth sein, alle derartigen Versuche durch Gegenversuche zu controliren, und zwar dadurch, dass eine Hauptbatterie nach und nach an allen verschiedenen Stationen eingeschaltet wird, die sodann durch die an den einzelnen Stationen gegebenen Zeichen unterbrochen und geschlossen wird.

Die Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Nadelablenkungen des Galvanometers sowohl, als auch von chemischen Wirkungen ist zwar mit nicht so grossen Schwierigkeiten verbunden, als die vorher besprochenen Versuche; jedoch möchte hier noch ein Umstand zu berücksichtigen sein, der bei den oben erwähnten Versuchen nicht beachtet worden zu sein scheint. Da nämlich bei Untersuchungen dieser Art schon schwache Ströme ausreichen, um die Wirkung abzuändern, so kann die Wirkung des sogenannten tellurischen Stromes sowohl, als auch die Polarisation der Erdplatten Einwirkungen hervorbringen, welche die Resultate beeinträchtigen. Es dürfte daher von einigem Interesse sein, jedesmal, wenn derartige Untersuchungen vorgenommen werden, während der Ausführung derselben, die Richtung und Stärke der sogenannten Erdplattenströme mit Hülfe von Differentialinstrumenten etc. zu beobachten zu versuchen, um ermitteln zu können, von welcher Beschaffenheit und von welchem Betrage ihre Einwirkung auf die Wirkung des Batteriestromes allenfalls sein kann, und wie die Endresultate der Messungen von diesen Einflüssen befreit werden können. — Die vorstehenden Betrachtungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des hydro-Volta'schen Stromes finden ihre Anwendung bloss auf den Fall, dass der Hauptheil der Leitung eine über der Erde — in der Luft — ausgespannte Metallstrecke ist; hingegen erleiden dieselben manche Modificationen, wenn die Leitung in dem Boden oder in Wasser sich befindet. Ueber die hiebei obwaltenden Umstände sollen unten weitere Erörterungen folgen.

§. 88. Ueber die für telegraphische Zwecke angewendeten hydro-elektrischen Ketten.

Die beim Telegraphenbetriebe zur Anwendung kommenden Stromquellen sind entweder die hydro-elektrischen oder die Inductionsapparate. In so weit nun im 1. und 2. Abschnitte die Anordnung etc. der hiezu gehörigen Apparate für telegraphische Zwecke noch nicht die ausreichende Betrachtung gefunden haben, soll nun hierüber das Nöthigste in diesem Abschnitte seine Erledigung finden. Die in der Telegraphentechnik benutzten Ketten sind im Allgemeinen entweder Kupfer-Zink-, oder Kohlen-Zink-, seltener Platin-Zink-Ketten. Da die Anordnung der sogenannten veränderlichen sowohl, als auch der andauernd wirkenden Ketten schon oben (S. 367 u. f.; S. 394; S. 411 u. f.) betrachtet worden ist, so bleiben hier nur mehr diejenigen Betrachtungen übrig, die sich speciell auf telegraphische Anwendungen beziehen, und auf die Aenderungen, welche für diese Zwecke gemacht worden sind. Von diesen Aenderungen sollen nun die wesentlicheren hier erörtert werden, während wir bezüglich der vielen anderen hierüber zu Tage gekommenen Vorschläge auf die betreffende Literatur hinweisen müssen.

Instandsetzung und Behandlungsweise der Ketten im Allgemeinen.

Es dürfte nicht unnöthig sein, hierüber einige Erörterungen zu geben, da von der Zusammensetzungsweise der Ketten und deren Behandlung die Wirkungsweise derselben wesentlich abhängt. — Was vor allem das hiezu an-

gewendete Zink betrifft, so soll dasselbe in möglichst reinem Zustande, wie es im Handel zu haben ist, verwendet werden. In allen Fällen, wo die Gestalt dieses Bestandtheiles der Kette nicht schon durch die Einrichtung der letzteren angegeben ist, wählt man entweder massive cylindrische oder parallelepipedische Stäbe aus gegossenem Metalle oder gegossene Zinkprismen mit kreuzförmigem Querschnitte, während die Anwendung des Zinkbleches für diese Zwecke nicht als vortheilhaft erscheinen kann. Als sehr geeignet sind Bündel aus Zinkstäben (S. 394 u. 395) sowohl der leichteren Reinigung und des schnelleren Umtausches unbrauchbar gewordener Stücke halber, als auch des Umstandes wegen, dass man die Zinkoberfläche mittelst Anwendung kleiner Zinkstäbe der gegebenen Oberfläche des sogenannten negativen Elektromotors stets anpassen kann [18], zu bezeichnen, jedoch sind dieselben nur bei Ketten mit zwei Flüssigkeiten, in welchen die Thonzelle cylindrisch ist, anwendbar. Bei den meisten constanten Ketten, sowie auch zuweilen bei veränderlichen, wird das Zink im amalgamirten Zustande verwendet. Das Ueberziehen mit Quecksilber kann dadurch geschehen, dass man das Zinkstück in ein Gefäss mit angesäuertem Wasser stellt, an dessen Boden Quecksilber sich befindet, und letzteres mittelst einer sogenannten Kratzbürste über die Oberfläche ausbreitet, oder dass man das vorher mit der angesäuerten Flüssigkeit überzogene und gehörig gereinigte Zink in ein Quecksilberbad eintaucht, und mittelst Reiben die Oberfläche gleichförmig verquickt, oder dass man das Zink in ein tiefes, Quecksilber enthaltendes Gefäss taucht, das an seiner Oberfläche Salzsäure enthält etc. etc. Am geeignetsten ist aber das von Berjot hiefür angegebene Verfahren [19], das in Folgendem besteht: Man bereite eine Quecksilberauflösung, indem man 200 Gramme Quecksilber in 1000 Grammen Königswasser (Salpetersäure mit Salzsäure in dem Gewichtsverhältnisse 1 zu 3 gemischt) unter vorsichtiger Erwärmung auflöst und, nach vollendeter Lösung, 1000 Gramme Salzsäure hinzusetzt. In diese Flüssigkeit (eine Lösung von Quecksilberchlorid) braucht man nur die Zinkkolben etc. einige Secunden lang einzutauchen, um sie vollständig zu amalgamiren. Bei diesem Verfahren ist der Quecksilberverbrauch äusserst gering, da man, wie die Erfahrung ganz und gar bestätigte, mit dem angegebenen Quantum mindestens 150 Stücke grösserer Zinkblöcke verquicken kann, und ausserdem ist dasselbe weit weniger mühsam, als jede andere früher für diesen Zweck benutzte Methode. — Verwendet man als Diaphragmen (S. 374) unglasirte verglühte Porzellangefässe, so sollen diese sehr porös sein, möglichst gleichartiges Gefüge haben, und dürfen bei dünner Gefässwand nicht erweichen, wenn dieselben während längerer Zeit mit Säuren gefüllt sind. Vor dem Gebrauche kann man die Thonzellen dadurch prüfen, dass man in dieselben Wasser von gewöhnlicher Temperatur (10—12° R.) giesst; es soll dann das Wasser in Tröpfchenform möglichst rasch und gleichzeitig an allen Theilen der Aussenfläche des Thontiegels zum Vorschein kommen. Unter sonst gleichen Umständen sind diejenigen Thontiegel die brauchbarsten, die, mit kaltem Wasser oder mit einer verdünnten Säure gefüllt, die möglichst grösste Gewichtszunahme erfahren. Es ist nicht unnöthig, zu bemerken, dass nicht bloss bei Anwendung von Salzlösungen als Erregungsflüssigkeiten, sondern auch bei blosser Anwendung

von Säuren es sehr nützlich ist, die Thondiaphragmen vor ihrem Gebrauche an ihrem unteren Ende mit Wachs zu überziehen, so dass der Boden und von diesem aus noch etwa in 2—3‴ Höhe die Seitenwand mit Wachs durchdrungen wird; es lässt sich diess sehr leicht dadurch bewerkstelligen, dass man den Porzellantiegel in ein bis zu der verlangten Höhe mit geschmolzenem Wachs versehenes Gefäss stellt und nach einigen Secunden wieder herausnimmt. Es wird hiedurch, insbesondere, wenn das Zink in der Thonzelle sich befindet, die Diffusion zwischen der äusseren Flüssigkeit und den am Boden des Diaphragmas sich absetzenden Zersetzungsproducten etc. gehindert und so die Zinkoberfläche während der Stromesthätigkeit sowohl, als auch bei offener Kette rein erhalten. Aus ähnlichem Grunde ist es zweckmässig, vor dem Füllen der Zellen mit den Anregungsflüssigkeiten das Thongefäss in die Flüssigkeit zu versetzen, mit welcher die Zinkzelle gefüllt wird, und so lange in dieser zu belassen, bis die Wände ganz und gar von dieser Flüssigkeit durchdrungen sind. Nach dem jedesmaligen Gebrauche, oder überhaupt nach dem Auseinandernehmen der Kette sind die Thontiegel in warmem Wasser auszulaugen und nach wiederholter Vornahme dieser Operation austrocknen zu lassen. Ein schon in Verwendung gewesenes und auf diese Weise wieder gereinigtes Thongefäss darf im trockenen Zustande kein grösseres Gewicht haben, als es im neuen hatte, es müssen daher auch alle Salzincrustationen von demselben entfernt sein, wenn dasselbe zu wiederholtem Gebrauche verwendbar sein soll. — Ausser den oben angeführten Umständen kann noch erwähnt werden, dass von der Reinheit der einzelnen Bestandtheile einer Batterie, sowie von deren Conservirung die Wirkung derselben im geschlossenen Zustande wesentlich abhängt, da jede Verunreinigung der festen Bestandtheile und der Flüssigkeiten entweder eine Aenderung der elektrischen Kraft oder eine Vergrösserung des wesentlichen Widerstandes der Kette herbeiführen, also auch eine Aenderung der Stromstärke bewerkstelligen kann. Gehen wir nun zur Betrachtung einzelner Combinationen über. —

Kupferzink-Ketten.

Die Daniell'sche Kette (S. 374) wird für telegraphische Zwecke sehr oft verwendet; jedoch sind die Aenderungen derselben, die insbesondere die Zinkstücke, sowie die Thontiegel nach kurzem — etwa eintägigem — Gebrauche erleiden, so bedeutend, dass eine Auswechselung dieser Bestandtheile bald nothwendig wird. Schon unter Anwendung einer und derselben Flüssigkeit für beide Zellen (S. 395) wird dieser Uebelstand wesentlich gemindert. Mit grossem Vortheil ersetzt man jedoch die Kupfervitriollösung der Kupferzelle durch Alaunlösung für die vorliegenden Zwecke.

Eisenlohr änderte die Daniell'sche Kette in mehrfacher Weise ab, um constante Wirkungen sowohl im geschlossenen Zustande, als auch, wenn dieselbe abwechselnd geschlossen und geöffnet wird, zu erzielen [20]. Bei der ersten von ihm construirten Kette wurde die Kupferzelle mit einer Mischung aus gleichen Theilen gesättigter Kupfervitriollösung und reinem Wasser, die Zinkzelle mit einer Lösung aus reinem Weinstein in Wasser und wobei noch ein Esslöffel voll

gereinigter Weinsteinsäure zugesetzt wurde, gefüllt. Durch ein Galvanometer und einen Argentandraht von 5 Meter Länge und $0{,}2^{mm}$ Dicke geschlossen, wobei der Widerstand des Galvanometerdrahtes nur 28^{mm} des genannten Argentandrahtes betrug, zeigte sich die Kette bei ununterbrochener Schliessung 14 Tage lang constant, weniger bei abwechselndem Oeffnen und Schliessen. — Bei der zweiten Kette wurde die Kupferzelle mit einer Mischung aus 5 Vol. Schwefelsäure von 1,82 Dichte und 100 Vol. Wasser gefüllt, die Zinkzelle wie bei der vorigen Kette mit Weinsteinlösung angefüllt. Diese neue Aordnung zeigte sich unter gleichen Umständen wie vorher nicht so constant, wie die erste, jedoch constanter bei abwechselndem Schliessen und Oeffnen. Als die Säure der Kupferzelle so weit verdünnt wurde, dass nur 2,5 Volumprocent Schwefelsäure in derselben enthalten waren, nahm die Stromstärke nicht so schnell ab, war aber auch schwächer. Diese Kette sowohl, als eine noch später zu erwähnende wurde mit grossem Vortheile für telegraphische Zwecke verwendet.

Um die Verunreinigung der Zinkoberfläche in der Daniell'schen Batterie durch die in die Zinkzelle eintretende Kupfervitriollösung zu verhüten, und zugleich um die Thonzellen überflüssig zu machen, hat Varley [21] die Gestalt der Kette dahin abgeändert, dass das Zink über dem Kupfer sich befindet, die Flüssigkeiten bleiben zuweilen nur vermöge ihrer Dichte von einander geschieden (wodurch aber die Diffusion nicht gemindert werden kann), zuweilen werden beide Flüssigkeiten durch Tuch, Sand, oder andere nicht chemisch wirkende Substanzen von einander getrennt erhalten, und ein ähnlicher Zweck wird unter Anwendung von mehr als einer porösen Abtheilung und durch Einschaltung von Metallen und Auflösungen erreicht. Das Zink ist nach unten konisch, damit etwa abgelagertes Kupfer bei der Auflösung des Zinkes herabfallen kann. In manchen Fällen wendet Varley schwer lösliche negative Salze, z. B. schwefelsaure Salze, Blei- oder Quecksilberchloride an. — An den Polen der Batterie bringt Varley ein System von Inductionsflächen, nämlich elektrische Condensatoren an, deren Hauptzweck darin besteht, eine gegebene Menge Elektricität für unterirdische Linien anzupassen. Auf diese Weise sei man im Stande, durch unterseeische Taue und unterirdische Drähte auf grosse Entfernungen hin zu telegraphiren.

Eine wesentliche Aenderung haben Siemens und Halske [22] mit der Daniell'schen Batterie dadurch vorgenommen, dass sie statt der Thondiaphragmen die durch Schwefelsäure umgewandelte Pflanzenfaser benutzen und die beiden festen Erreger über einander anbringen. In *Fig. 215* (S. 500) und *216* (S. 501) ist ein Element einer derartigen Batterie im Durchschnitt und im Grundriss dargestellt. Hierin ist *a* das Glasgefäss, *b* ein unten etwas ausgeweitetes Glasrohr, *c* ein senkrecht stehender in mehreren Schneckenwindungen gebogener Kupferstreifen, *d* ein an demselben befestigter Draht; *e* ist eine dünne Pappscheibe, *f* das Diaphragma aus Papiermasse, *g* ein nicht amalgamirter Zinkring mit Klemme. Die aus der Papierfabrik bezogene Papiermasse wird gut ausgepresst und darauf mit ein Viertel ihres Gewichtes englischer Schwefelsäure übergossen und so lange umgerührt, bis die ganze Masse eine homogene klebrige Structur angenommen hat. Darauf

wird sie mit etwa der vierfachen Menge Wasser bearbeitet und sodann in einer Presse unter starkem Druck das überflüssige saure Wasser entfernt. Aus dieser Masse werden dann ringförmige Scheiben gebildet, welche den Zwischen-

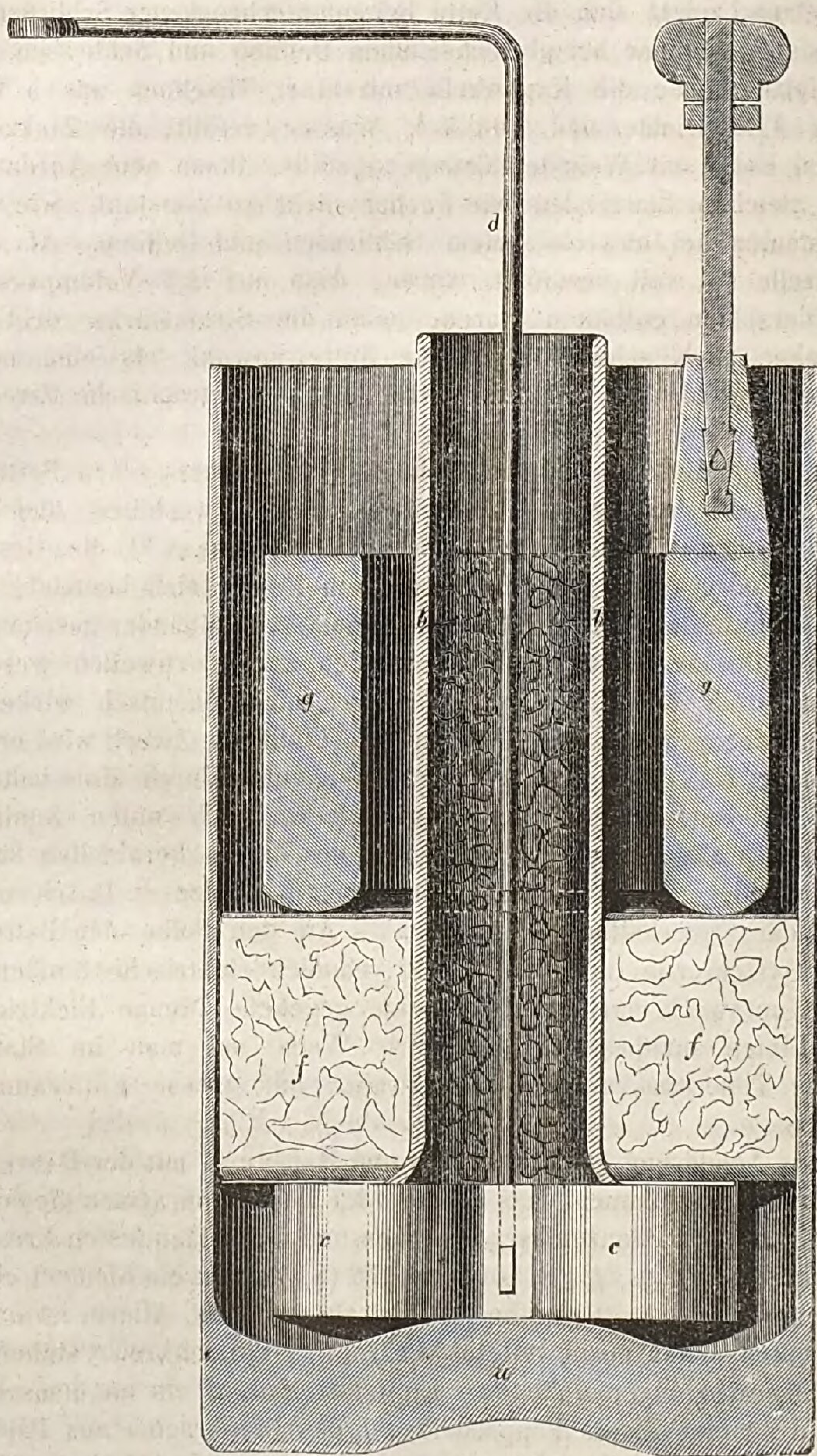


Fig. 215.

raum zwischen den Glaswänden vollständig ausfüllen. Sollen die so vorbereiteten Elemente in Benutzung genommen werden, so wird der innere Glascylinder mit Kupfervitriolkrystallen gefüllt, darauf Wasser hineingegossen und ebenso

der ringförmige Zwischenraum mit Wasser gefüllt, dem bei der ersten Füllung etwas Säure oder Kochsalz zugesetzt wird. Man hat später nur darauf zu sehen, dass der innere Glascylinder immer mit Kupfervitriolstücken gefüllt erhalten und das Wasser im äusseren Gefässe von Zeit zu Zeit erneuert wird, damit es das durch den Strom gelöste Zinkvitriol stets gelöst erhalten kann. Die zur Bildung des Zinkvitriols nöthige Schwefelsäure wird durch den Strom selbst durch das Diaphragma hindurch transportirt und dadurch gleichzeitig die aus dem zersetztem Kupfervitriol frei werdende Schwefelsäure entfernt. Auf diese Weise wird also die Löslichkeit des Kupfervitriols nicht vermindert. Die Unterhaltungskosten dieser Batterie sind sehr gering und beschränken sich bloss auf eine kleine Quantität Kupfervitriol, die beständig nachgefüllt werden muss, während zur weiteren Conservirung das verdunstete Wasser immer wieder durch neues zu ersetzen ist. Nach je 14 Tagen soll die

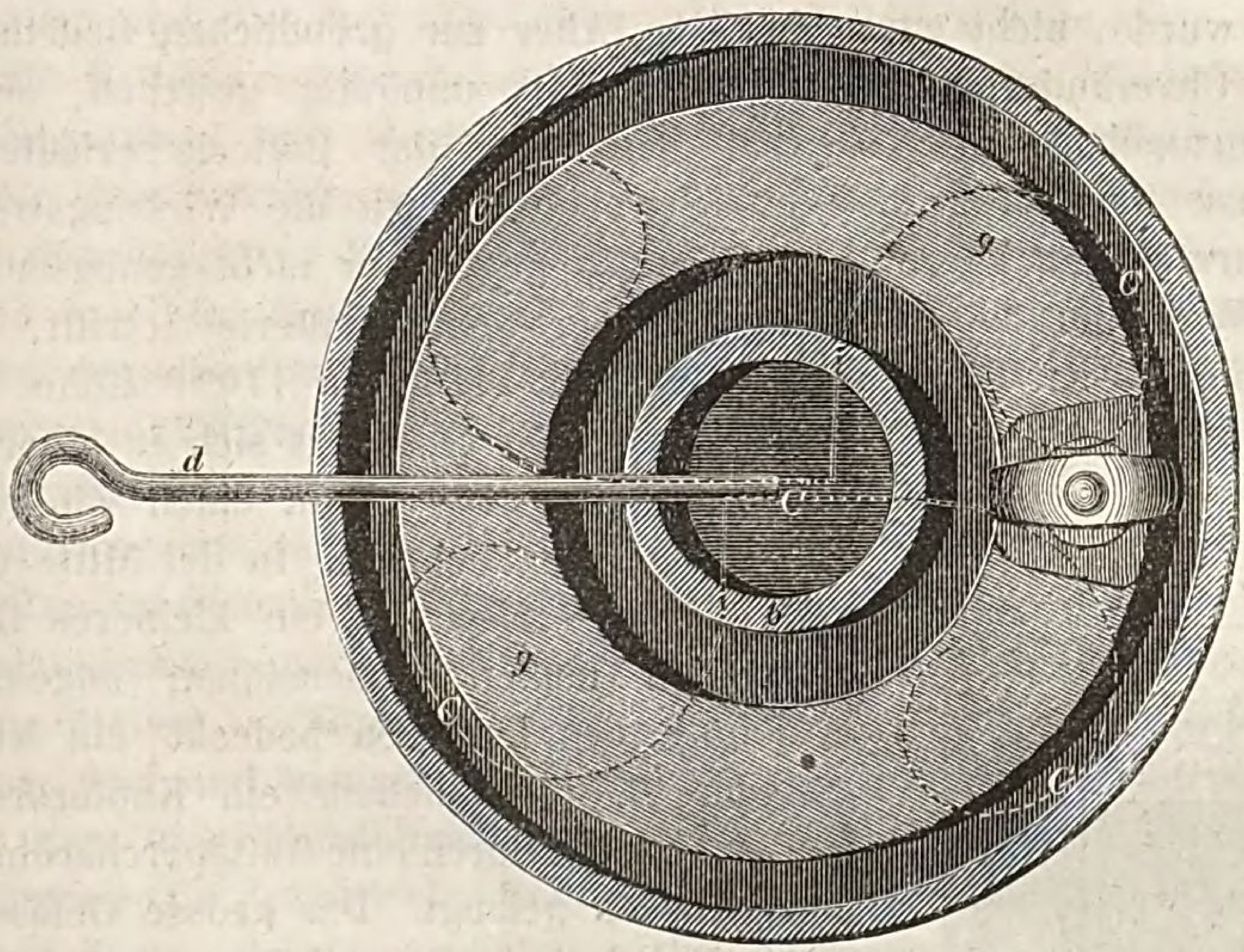


Fig. 216.

Batterie auseinander genommen, die Zinkcylinder sollen gereiniget und der die Papiermasse bedeckende Ring, sowie die Flüssigkeiten sollen erneuert werden. Bei der erneuerten Füllung mit Wasser hat man darauf zu achten, dass sich der Raum unter dem Diaphragma vollständig mit Wasser anfüllt. Luftblasen sollen durch Neigen des Glases beseitiget werden. Nach Angabe von Siemens ist der Widerstand derartiger Elemente nicht viel grösser wie der von den gebräuchlichen kleinen Daniell'schen Elementen mit hart gebrannten Thonzellen, weshalb sie sich nur zu Linienbatterien eignen, während sie für Lokalbatterien in der Regel zu grossen Widerstand haben.

Die in neuester Zeit von Meidinger vorgenommene Abänderung der Daniell'schen Kette ist in so fern eine noch wesentlichere, wie die vorher beschriebene, als dabei gar kein Diaphragma verwendet wird. Meidinger stellt, nach einer kurzen Beurtheilung der gewöhnlich für den Telegraphendienst zur

Verwendung kommenden Ketten, der Beschreibung seiner „vollkommen constanten Batterie“ [23] die nachbenannten Vorzüge der letzteren voran:

„Erstens: Sie ist vollkommen constant und von fast unbegrenzter Dauer; sie lässt sich für eine jede Art von Telegraphen wenigstens ein Jahr in unausgesetztem Betriebe erhalten, ohne auseinander genommen zu werden. Zweitens: Sie ist ohne Thonzelle construirt und zugleich ökonomischer im Gebrauche wie die DANIELL'sche Kette, mit der sie gleiche Intensität (elektromotorische Kraft) besitzt; sie consumirt nicht mehr Material (Zink- und Kupfervitriol) wie der circulirenden Elektricität entspricht. Ihre Ersparniss lässt sich auf 50—80 Proc. (?) veranschlagen. Drittens: Sie entwickelt durchaus keine Gerüche oder saure Dämpfe; man kann sie somit ohne Anstand im Telegraphenraume selbst aufstellen. Auch werden die Verbindungsstellen zwischen den einzelnen Batterien nicht angegriffen.“ Unter diesen Vorzügen sind insbesondere die unter 1) und 2) sehr beachtenswerth, wenngleich das, was über „Ersparniss“ angegeben wurde, nicht ganz klar ist. Aber zur gründlichen Beurtheilung der wirklichen Unveränderlichkeit wäre es nicht unnöthig gewesen, auch Detailversuche anzugeben, wie sie bei Benutzung der Batterie erhalten worden sind, da man ohne derartige Versuchsresultate sich die Wirkungsweise dieses neuen Apparates den älteren Einrichtungen gegenüber nicht genugsam vorstellen kann. — Was nun die Einrichtung dieser neuen Batterie betrifft, so besteht diese in Folgendem: Ein Glasgefäss *A* (*Fig. 217*) von 170^{mm} Höhe und 100^{mm} Weite am Boden erweitert sich in einer Höhe von 50^{mm} um etwa 10^{mm}, um einen Zinkring *B* von 90^{mm} Höhe aufzunehmen. In der Mitte des Bodens von diesem Gefässe ist ein kleineres Glas *C* von etwa den halben Dimensionen angekittet. Die Wandung des letzteren bedeckt ein Kupferblechcylinder *D*, an welchem ein Kupferdraht *E* angenietet ist, der durch eine Guttaperchaföhre hindurch nach Aussen gelangt. Das grosse Gefäss ist durch einen Holzdeckel *F* verschlossen; eine Oeffnung in dessen Mitte erlaubt einen an seinem unteren Ende nicht vollständig zugeblasenen trichterförmigen Glascylinder *G* in das kleinere Glas hinunterzusenken. An dem Zinkringe ist ein schmales Kupferblech *H* angelöthet und zwischen Deckel und Glasrand nach Aussen geführt. Das äussere Gefäss wird nun bis „beinahe der Höhe des Zinkringes“ mit einer verdünnten Lösung von Bittersalz ($^1/_4$ bis $^1/_{10}$ Pfund auf ein Element, in Regenwasser gelöst), die innere Glasröhre *G* sodann mit Kupfervitriolkrystallen angefüllt und für die Zukunft immer damit erneuert. Bei dieser Anordnung bildet das Kupfervitriol in der Röhre eine concentrirte Lösung, die als die dichtere Flüssigkeit durch die kleine Oeffnung in das Becherglas heruntersinkt und den Kupfercylinder bald bis zu der Höhe der Oeffnung

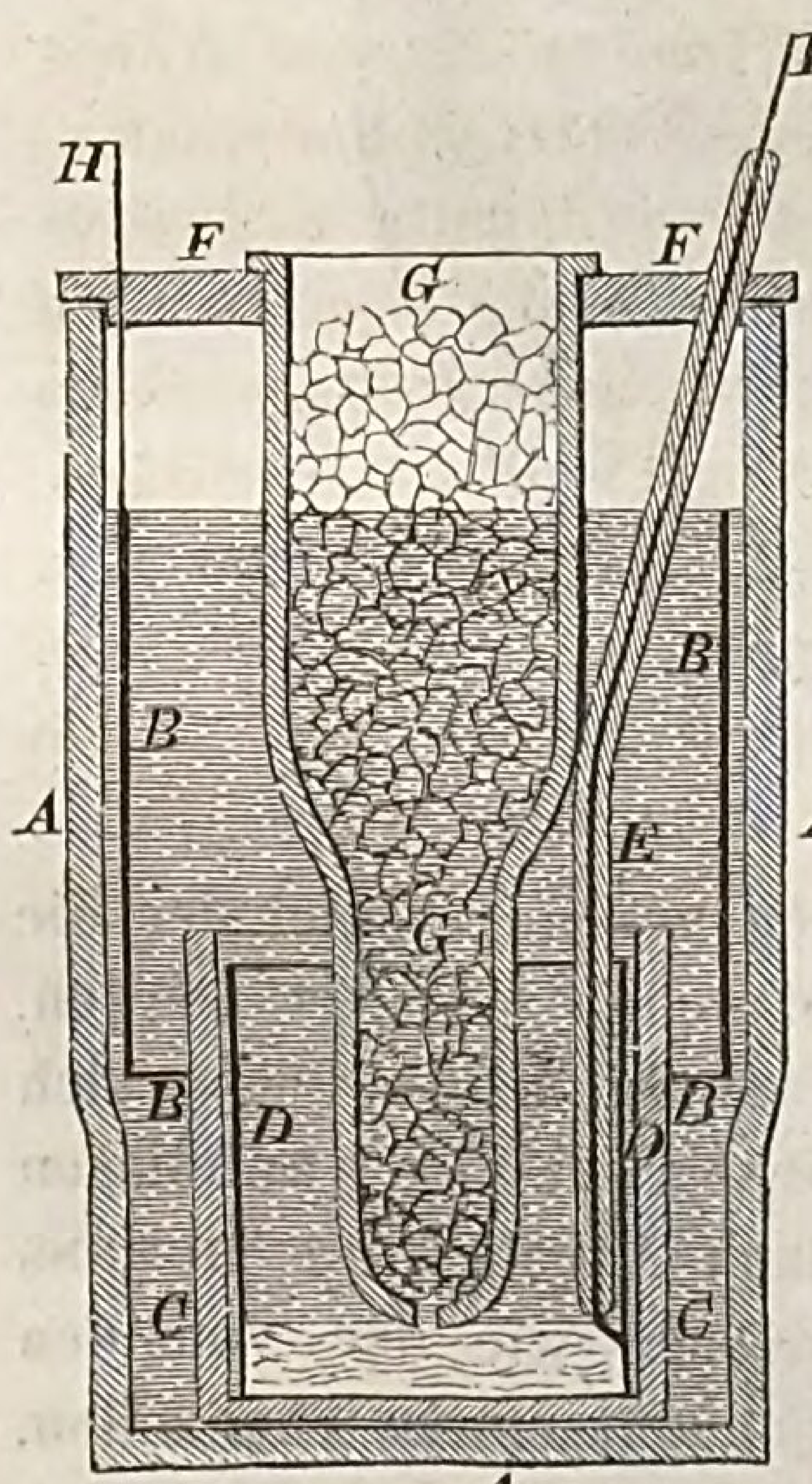


Fig. 217.

berührt. Diese Batterie soll, wie der Verfasser erwähnt, dieselbe elektrische Kraft wie die gewöhnliche DANIELL'sche besitzen, da ebenfalls für ein Aequivalent Zink, das sich löst, ein Aequivalent Kupfer ausgeschieden werde. Die Unterhaltung der Batterie erfordert, dass die innere Röhre *G* höchstens einmal während eines Vierteljahres von neuem mit Kupfervitriol gefüllt, während nach Jahresfrist die Kette auseinandergenommen und neu gefüllt werden soll. Der Zinkring soll für die im stärksten Gebrauche befindlichen Apparate wenigstens ein Jahr andauern, für die Linienbatterie des MORSE'schen Telegraphen könne er drei bis vier Jahre dienen. Eine solche Batterie hat MEIDINGER für eine elektrische Pendeluhr durch 6 Monate ununterbrochen benutzt, wobei am Ende einer jeden Secunde ein Schluss der Kette bewirkt wird; der Verbrauch an Kupfervitriol während eines Monates war dabei 100 Gramm, und bei mehreren nacheinander angestellten Versuchen fand sich die ganze je 100 Grammen Kupfervitriol entsprechende Quantität Kupfer bis zu 3 Procent auf dem Kupfercylinder wieder vor. — Von der oben angegebenen Grösse ($^2/_9$ der wirklichen) ist die Batterie vorzugsweise zum Liniendienste des MORSE'schen oder des Zeigertelegraphen (mit abwechselndem Schliessen und Oeffnen der Kette) bestimmt; für den Lokaldienst, sowie bei andauernd geschlossener Kette soll die Batterie den doppelten Rauminhalt und eine entsprechende Höhe von etwa 220^{mm} haben. — Für den Transport ist diese Kette nicht geeignet, da jede Erschütterung derselben im gefüllten Zustande vermieden werden soll *.

Die Kupferzinkketten kommen für telegraphische Zwecke zuweilen auch in der Form der sogenannten veränderlichen Ketten vor. Namentlich sind früher in England die sogenannten Sandbatterien in Gebrauch gewesen, wobei Kupfer- und Zinkplatten in Quarzsand gesteckt wurden, der mit verdünnter Schwefelsäure, Salmiaklösung u. dergl. befeuchtet worden ist. Solche Batterien wirken der Erfahrung gemäss — ähnlich wie die sogenannten Erdplattenbatterien — sehr ungleichförmig, und sind wenigstens für den Telegraphenbetrieb nicht von Vortheil.

Ausser den hier angeführten Einrichtungen hat die Kupferzinkkette in ihrer Anwendung für praktische Bedürfnisse noch mancherlei Abänderungen erfahren, auf deren Erörterung hier nicht eingegangen werden kann. So wurden statt der festen Elektromotoren solche im wasserförmigen Zustande benutzt. Eine genaue Untersuchung derartiger Ketten, in welchen Zink durch Zinkamalgam, sowie auch durch Kaliumamalgam, das Kupfer durch Kupfervitriollösung, Bleihyperoxyd etc. ersetzt wurde, hat WHEATSTONE bei seinen (in §. 90 aufgeführten) Messungen vorgenommen und gezeigt, dass manche derartige Combinationen bei sehr grossem äusseren Widerstande vortheilhaft benutzt werden können.

Platin-Zink-Kette.

Die unter dem Namen GROVE'sche Ketten bekannten Combinationen [24], von denen diejenige am häufigsten für lokale Zwecke noch Anwendung findet, bei welcher die Platinzelle mit concentrirter Salpetersäure gefüllt wird, während das Zink in verdünnter Schwefelsäure steht, haben für rein praktische Zwecke

* Eine der vorstehenden Anordnung ähnliche, wobei aber das Diaphragma nicht beseitiget wurde, sondern durch ein Stück einer Membrane ersetzt worden ist, hat BUFF im J. 1853 vorgenommen [23].

manche Nachtheile, unter welchen der obenan steht, dass die Anwendung der Salpetersäure nicht bloss mit vielen Unbequemlichkeiten verbunden ist, sondern selbst der Gesundheit sehr schädlich werden kann. Die Abänderungen dieser Kette zielten entweder darauf hin, diesen Uebelstand zu beseitigen, oder die Anschaffungskosten zu vermindern, oder auch dem ökonomischen Zwecke, sowie der leichteren Behandlung des Apparates gleichzeitig Rechnung zu tragen. Es sollen hier nur einige dieser Aenderungen betrachtet werden.

Unter den Ketten mit einer Flüssigkeit hat die von Smee angegebene [25] manche Verbreitung für die Telegraphie gefunden. Dieselbe besteht entweder aus einer platinirten Platin- oder aus einer platinirten Silberplatte, der in einer Entfernung von 1‴ zwei Zinkplatten gegenüber gestellt werden. Die Anregungsflüssigkeit ist hiebei verdünnte Schwefelsäure; zuweilen können auch Salzlösungen verwendet werden. Das Platiniren der Platte geschieht dadurch, dass man dieselbe in eine Lösung von Platinchlorid stellt und mit dem negativen Pole einer Volta'schen Batterie verbindet, während der positive Pol mit einer Platinplatte in der Flüssigkeit endiget, die jener zu überziehenden Platte gegenüber steht. Da sich letztere vorzugsweise auf der dem positiven Pole zugewendeten Seite mit Platin bekleidet, so hat man dieselbe nach etwa fünf Minuten umzukehren und den Process wiederholt vor sich gehen zu lassen [26]. Eine unmittelbare Abänderung der Grove'schen Kette mit zwei Flüssigkeiten hat Callan dadurch vorgenommen [27], dass er platinirtes Blei statt Platin nahm, die Zinkzelle, wie sonst, mit verdünnter Schwefelsäure, die Platinzelle mit einem Gemisch aus 4 Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure, 2 Theilen Salpetersäure und 2 Theilen Salpeterlösung anregte. Diese Kette kömmt in jeder Beziehung der Grove'schen sehr nahe, und übertrifft deren Wirkung bei Anwendung eines Gemisches von Salpeter- und Schwefelsäure, sowie unter alleiniger Anwendung von Salpetersäure für die negative Zelle.

Bei Anwendung der Platinzinkkette für telegraphische Zwecke wird von Swan [28] der Vorschlag gemacht, die verdünnte Schwefelsäure der Zinkzelle durch Glaubersalzlösung zu ersetzen; während Dewy [29] zweckmässiger die Salpetersäure weglässt und diese durch concentrirte salpetersaure Natronlösung ersetzt, das Zink aber von gesättigter und mit Schwefelsäure angesäuerter Zinkvitriollösung umgibt. — Nach den Erfahrungen von Stöhrer erhält man einen constanten länger andauernden Strom, wenn beide Metalle durch verdünnte Schwefelsäure angeregt werden. Eine solche Säule könne für telegraphische Zwecke sechs Wochen lang andauernd und constant wirken.

Kohlen-Zink-Ketten.

Die für die Volta'schen Ketten in eigener Weise präparirte Kohlensorte verdient der mannigfachen Vortheile halber, welche Ketten dieser Art darbieten können, die grösste Beachtung, weshalb wir über die Bereitungsart dieser Kohle einige Bemerkungen hier anfügen wollen. Man hat zwar schon früher den Graphit, Coaks u. dgl. als negative Erreger zu benutzen gesucht, wesentliche Vortheile ergaben sich aber dabei nicht, insbesondere da die Schwierigkeit der Bearbeitung dieser Stoffe Hindernisse entgegenstellte. Durch die Untersuchungen von Bunsen [30] ist es gelungen, sehr brauchbare Stoffe für diesen Zweck

anzufertigen. Man erhält nämlich eine genügende Masse durch Glühen eines durchgesiebten Gemenges von völlig ausgeglühten Coaks mit ebenfalls fein pulverisirten möglichst trockenen Steinkohlen, die man in dem annähernden Verhältnisse von 1 zu 2 miteinander vereinigt. Zeigt sich die Masse nach dem Glühen zerreiblich und locker, was bei Anwendung weniger fetter Steinkohlen der Fall zu sein pflegt, so muss das Verhältniss der letzteren gegen das der Coaks geändert werden; ist dagegen die Steinkohle überwiegend, so zerklüftet sich die Kohle in einzelne nicht zusammenhängende Stücke. Hat man das richtige Verhältniss für eine Kohlenart einmal ermittelt, so ist ein Misslingen bei der Darstellung später nicht mehr zu befürchten. Das Glühen geschieht in eisenblechernen Formen, welche zehn bis zwölf Operationen aushalten. Uebersteigt der Durchmesser dieser Formen 5 bis 6 Zoll, so gelingt es nur selten, eine von Rissen ganz freie Kohle zu erhalten. Dagegen lassen sich ohne Schwierigkeiten hohle Cylinder von noch grösseren Dimensionen darstellen, wenn man eine cylindrische an einem Ende verschlossene Schachtel oder Pappzelle in die Form stellt und den Zwischenraum zwischen der hölzernen und eisernen Wandung mit dem Kohlengemenge ausfüllt. Der bedeutenden Volumenänderung halber, die die Kohle bei dem Glühen erleidet, lässt sich die Schachtel durch eine Blechrolle nicht ersetzen. Die auf die genannte Weise angefertigte Form wird von allen Seiten verschlossen und die Ränder werden mit Lehm bestrichen. Indem nun mehrere solche Formen auf einmal in einem Ofen bis zum Rothglühen zwischen Holzkohlen erhitzt werden, entweicht viel Kohlenwasserstoffgas und verbrennt, und das Ausbleiben desselben betrachtet man als ein Zeichen für die Beendigung der Operation, die etwa $^3/_4$ Stunden andauern kann. Nach dem Erkalten lässt sich die zu Cylindern zusammengefrittete Masse leicht aus der Blechrolle herausnehmen und verbreitet dabei einen starken Geruch nach schwefeliger Säure. Diese Cylinder haben sodann eine graue, poröse, homogene Beschaffenheit, und sind schon dann von solcher Festigkeit, dass man sie in senkrechter Stellung, ohne ein Zerbrechen befürchten zu müssen, mit einem bedeutenden Gewichte belasten kann. Diese Kohlencylinder werden nun auf der Drehbank mittelst eines Holzmeisels bearbeitet, der Rand nach oben konisch zulaufend abgedreht und die gehörigen Dimensionen bewerkstelliget, so dass am oberen Ende zwischen dem Rande des die Kohle aufzunehmenden Glases und der Kohle kein Zwischenraum verbleibt. Um nun den Cylindern die nöthige Dichtigkeit und eine den härteren Gesteinen ähnliche Festigkeit zu verschaffen, werden dieselben in Zucker- oder Syruplösung eingetaucht, und nachdem sie wieder getrocknet worden sind, zwischen Holzkohlenpulver in einem fest zugekitteten, feuerfesten Graphittiegel 28 bis 30 Stunden lang in einem Töpferofen mitten zwischen den Töpferwaaren einer steten Weissgluth ausgesetzt, wobei sich der Kohlenstoffgehalt des Zuckers in den einzelnen Zwischenräumen der Cylindermasse ablagert. Die auf diese Weise erhaltenen Cylinder werden sodann vor ihrer Anwendung für die Ketten an den Seiten mit mehreren schräg von oben nach unten gehenden mit einer Korkfeile ausgebohrten Löchern versehen, damit das bei Anwendung von Salpetersäure gebildete Stickstoffoxyd durch die Löcher in der Kohle in die

äussere Salpetersäure gelangen, von dieser verschluckt und zu salpetriger Säure oxydirt werden kann. — Bei Anfertigung von Kohlenplatten werden cubische Kohlenstücke verwendet, die sich mittelst einer Holzsäge in Linien dicke Scheiben schneiden und auf einer Sandsteinplatte eben schleifen lassen. — In neuerer Zeit werden [31] zur Anfertigung der Kohlenmasse gute Coaks auf einer Pferdemühle gepulvert und mit Steinkohlentheer zu einer plastischen Masse verarbeitet. Die Masse erhält durch Einpressen in eine sauber abgedrehte und polirte Messingmatrize die verlangte Form. Die Formen werden sodann einige Tage in einem verschlossenen Raume zum Trocknen aufgestellt und endlich in dem geschlossenen Raume eines Glühofens gegen die directe Einwirkung der Flamme geschützt — bei allmähliger Steigerung der Hitze bis zur Weissglühhitze —, stark gebrannt, der Weissglühhitze selbst 6 bis 8 Stunden unterworfen; nach vollständiger Abkühlung des Ofens werden die Formen aus diesem herausgenommen. Mit den auf diese Weise ausgeführten Operationen sind sehr bedeutende Schwierigkeiten verbunden, deren Bewältigung eine genaue Sachkenntniss erfordert, und wofür die praktischen Vortheile erst durch vielfache Erfahrung erlangt werden können.

Die nach längerem Gebrauche der Kohlenelemente bei galvanischen Ketten verunreinigten Kohlen kann man dadurch wieder brauchbar machen, dass man dieselben in warmem Wasser auslaugt, und diese Waschungen so lange und so oft wiederholen lässt, bis sie wieder ihre anfängliche Reinheit erhalten. Dieses Auslaugen hat man vorzunehmen, mögen Säuren oder Salzlösungen als Anregungsflüssigkeiten verwendet werden, da die in der Zinkzelle sich bildenden Zinksalze sowohl durch Diffusion, als auch durch Stromeswirkung in die Kohlenzelle getrieben werden, wobei sodann die Kohle diese Lösungen aufsaugt und auf diese Weise nach und nach unbrauchbar, sogar rissig werden kann.

Die anfänglich von Bunsen angeordneten Combinationen waren verschieden; dieselben waren entweder Ketten mit zwei Flüssigkeiten oder solche ohne poröse Zellen. Bei der ersten Art wurde entweder concentrirte Salpetersäure oder ein Gemisch aus verdünnter Schwefelsäure und chromsaurem Kali als Anregungsflüssigkeit für die Kohle benutzt; bei der zweiten Combination wurde die Kohle innerhalb eines Zinkcylinders gestellt, die Trennung beider bloss durch einen um die Kohle gewickelten in Wachs getränkten Bindfaden u. dgl. bewerkstelliget, und einerlei Säure, nämlich verdünnte Schwefelsäure benutzt, nachdem man die Kohle selbst mit Salpetersäure, mittelst Einpressen der letzteren, durchtränkt hatte. Die Fortleitung zwischen Kohle und den übrigen Theilen der Kette wurde dadurch bewerkstelliget, dass der ausserhalb des Glasgefässes vorspringende Rand in Wachs getränkt und sodann mit einem Kupferring umgeben wurde, während bei der anfänglichen Einrichtung bloss ein schmaler Ansatz an der Kohle stehen blieb, der zur Fortleitung mit einer Platinkappe versehen wurde.

Die Aenderungen, welche die Bunsen'sche Kohlenzinkbatterie in neuerer Zeit erfahren hat, beziehen sich zum grössten Theile auf die Wahl der Anregungsflüssigkeiten, während in der Fabrication solcher Kohlen insbesondere von Stöhrer, dann auch von Deleuil u. A. bedeutende Fortschritte gemacht wurden. Als Fortleitung für die metallische Verbindung der einzelnen Elemente

hat man es versucht, die Kupferringe durch Zink-, sowie auch durch Bleiringe zu ersetzen. Die zweckmässigste Anordnung hiefür ist aber (s. S. 394, *Fig. 154*) von Stöhrer vorgenommen worden. Um den vorstehenden starken Rand des Kohlencylinders wird nämlich, nachdem derselbe in Wachs getränkt worden ist, nach Stöhrer's Verfahren zunächst ein Streifen von Messingdrahtgewebe gelegt, und um dieses dann der Kupferring, der an einem Ende erweitert ist, fest gelegt und mit einem Firniss (aus Colophonium und Wachs) stark bestrichen. Wie die Drahtverbindung durch den Kupferring vermittelt werden kann, ist in *Fig. 154* (S. 394) zu ersehen. Alle anderen hierüber bekannt gewordenen Vorschläge, wie das Anbringen eines Glasringes um den oberen Rand des Kohlencylinders, um den Fortleitungsdraht daran befestigen zu können, oder, wie von anderen Seiten gerathen wird, den oberen Rand auf elektrochemischem Wege zu verkupfern etc. etc., möchten wohl zu keinem weiteren Vortheile führen. — Für telegraphische Zwecke benutzt man für beide Zellen der Kohlenzinkbatterie einerlei Säure, nämlich verdünnte Schwefelsäure (1 Theil concentrirte Schwefelsäure auf 20 bis 30 Theile reines Wasser); es erscheint aber als sehr zweckmässig — was auch schon Bunsen bei seiner Kette mit einer Flüssigkeit vornahm und in neuester Zeit wiederholt angerathen worden ist — vor dem Gebrauche, wie oben erwähnt wurde, die Kohlencylinder in concentrirter Salpetersäure zu tränken. Nach Angabe von Meidinger [32] soll jedoch die Bunsen'sche Kohle durch Kochen in einem Gemisch aus Salpeter- und Schwefelsäure solche Eigenschaften annehmen, dass dieses Hülfsmittel entbehrlich wird. Ausserdem soll nach Versuchen von Meidinger bei Anwendung einer Mischung von Essigsäure und Zinkvitriollösung als Anregungsflüssigkeit eine eigene Präparirung der Kohle ebenfalls unnöthig werden; welche Wirkungen aber in diesem Falle von der Batterie zu erwarten sind, und wie lange dieselbe constant wirken kann, ohne gereiniget zu werden, dürfte ebenfalls in Erwägung zu ziehen sein. — Es sind überhaupt vielfache Aenderungen der Kohlenzinkkette für technische Zwecke vorgeschlagen worden, von welchen unseres Wissens noch keine zu einem solchen Resultate geführt hat, dass hiedurch allen Anforderungen entsprochen wird. In der letzten Zeit wurde von Bacco die Verwendung von schwefelsaurem Eisenoxyd statt der Salpetersäure der Kohlenzelle (die übrigens ohnehin bei telegraphischen Wirkungen nicht mehr benutzt wird) in Vorschlag gebracht. Man erhält für diesen Zweck das Salz, indem man käuflichen Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxydul) in einer hinreichenden Quantität heissen Wassers auflöst, auf circa 6 Gewichtstheile Eisenvitriol 1 Gewichtstheil engl. Schwefelsäure hinzusetzt, und während man die Flüssigkeit zum gelinden Kochen bringt, nach und nach derselben gewöhnliche Salpetersäure in kleinen Antheilen so lange beifügt, bis keine rothen Dämpfe mehr erscheinen und das Eisenoxydulsalz in Oxydsalz sich verwandelt hat. Bei einem stattfindenden Ueberschusse von Salpetersäure würde eine entsprechende Quantität Eisenvitriol, mit Schwefelsäure vermischt, zuzufügen sein. Die so dargestellte und erkaltete Flüssigkeit hat Bacco für seine Kohlenzinkbatterien zu galvanoplastischen Zwecken benutzt [33]; welche Vorzüge dieselben aber vor den gewöhnlichen Einrichtungen haben, geht aus den hierüber

gemachten Mittheilungen nicht hervor, da eigentliche Versuchsresultate hierüber keine vorliegen.

Als Ersatzmittel der Bunsen'schen Kohlen sollen mit Vortheil die Coaks wieder in neuerer Zeit angewendet worden sein. Derartige Ketten sind von Stöhrer benutzt worden[34], in welchen die Thonzelle — oder ein anderes passendes Diaphragma — mit Coaksstücken umgeben wird, von denen einige mit Kupferdraht verbunden und die Zwischenräume in der Zink- und Kohlenzelle mit Sand gefüllt wurden, der dann zur Anregung der Kette mit Alaunlösung begossen wurde. Das Zink kann dabei sowohl im amalgamirten, als auch im gewöhnlichen Zustande benutzt werden. Eine ähnliche Kette wendete Eisenlohr[35] an; es wurden hiebei grosse Coaksstücke, die mittelst der Luftpumpe zuerst luftfrei gemacht und in der Flüssigkeit durch dazwischenliegende Bleidrähte in Contact gesetzt wurden, verwendet. Beide Ketten sollen sehr vortheilhaft sein und lange Zeit hindurch diensttauglich bleiben, wenn sie nur beim Telegraphiren abwechselnd geschlossen und geöffnet werden, sonst aber beständig geöffnet bleiben.

Zum Schlusse unserer Betrachtungen über Volta'sche Batterien mag noch bemerkt werden, dass unter den in neuester Zeit vorgeschlagenen Verbesserungen die von Doat angestrebten Vervollkommnungen (Brix Z. S. III. 174. IV. 10), sowie die von M. Davy verbesserte und für den technischen Gebrauch bestimmte galvanische Säule (Polyt. Journ. CLVI. 293) beachtet werden dürften; jedoch müssen wir die nähere Beschreibung dieser Einrichtungen einer späteren Gelegenheit vorbehalten und so lange unterdrücken, bis sichere Versuchsresultate hierüber bekannt geworden sind.

§. 89. Magnetische und chemische Wirkungen des hydro-Volta'schen Stromes im Allgemeinen und Apparate zur Wahrnehmung und Messung dieser Wirkungen.

Unter allen Wirkungen, die durch den Volta'schen Strom hervorgebracht werden können, sind es grossentheils nur die eben bezeichneten, welche zur Darstellung telegraphischer Signale entweder unmittelbar oder mittelbar zur Benutzung kommen. Es ist daher schon aus diesem Grunde nothwendig, diejenigen Thatsachen und Grundgesetze hier vorzuführen, welche über diese Wirkungen durch die Erfahrung festgestellt sind; dieselben werden dann auch die Anhaltspunkte liefern, von welchen bei der Construction von Telegraphenapparaten ausgegangen werden muss. Andererseits liefern uns die durch Experimental-Untersuchungen erforschten Erscheinungen die Hülfsmittel, von denen zum Theile schon in den vorigen Abschnitten (§. 44, §§. 68—70) Gebrauch gemacht worden ist, und die wir benutzen, um den Zusammenhang zwischen Stromstärke und den Stromeswirkungen im Allgemeinen angeben zu können.

Wirkungen des Stromleiters einer geschlossenen Kette auf eine Magnetnadel und Einrichtung der magnetischen Rheoskope und Rheometer.

Die magnetischen Wirkungen des Schliessungsleiters einer (geschlossenen) Kette können von zweierlei Art sein; die Wirkungen der einen Art beziehen

sich auf die Aenderung der magnetischen Gleichgewichtslage einer in einer horizontalen (oder auch in einer verticalen) Ebene frei beweglichen Magnetnadel, die der zweiten Art aber auf die Erregung des Influenz- (Inductions-) Magnetismus im weichen Eisen. Beide Arten von Einwirkungen erfordern, wenn sie in bestimmter Weise und von ausreichender Grösse unter verschiedenen Umständen auftreten sollen, unter Anderem besondere Anordnungen des Schliessungsleiters, weshalb wir dieselben getrennt von einander hier in Kürze betrachten wollen. Bezüglich der theoretischen Grundlagen, sowie des Entwickelungsganges der hieher gehörigen Discipline sowohl, als in Bezug auf alle einschlägigen speciellen Anordnungen etc., müssen wir auf die hierüber von Feilitzsch im XIX. Bande der „Encyklopädie der Physik" bearbeiteten Abhandlungen verweisen.

Den grössten Einfluss auf die Erfindung sowohl, als auch auf die ganze Entwickelung der elektro-magnetischen Telegraphie hatte unstreitig die aus den Forschungen Oersted's hervorgegangene Entdeckung [36], deren Resultat wir in der Weise aussprechen wollen, wie diess dem gegenwärtigen physikalischen Sprachgebrauche angemessen ist. Vorher ist es aber nothwendig, das zur Erläuterung des Oersted'schen Grundversuches dienende Instrument zu erklären. Hängt man nämlich eine Magnetnadel mittelst eines Coconfadens in ihrer Mitte so auf, dass sie nur in einer Horizontalebene leicht und frei beweglich ist, oder sucht man dieser Anforderung dadurch zu genügen, dass man die Magnetnadel in ihrer Mitte mit einem kleinen Lager aus Agat oder Carneol etc. versieht, mit welchem sie auf eine genau in einer bestimmten Verticalen angeordneten Stahlspitze gelegt werden und auf dieser sich ohne alle Hindernisse frei bewegen kann, so wird diese Nadel in einer ganz bestimmten Lage zur Ruhe kommen, in welche sie jedesmal, wenn man dieselbe durch irgend welche Einwirkung ablenkt, nach einer grösseren oder geringeren Anzahl von Schwingungen wieder zurückkehrt, und um welche sie während einer stattfindenden Bewegung beständig und ebenso schwingt, wie ein verticales einfaches Pendel um die Verticale durch seinen Aufhängungspunkt. Jene Ruhelage ist die sogenannte magnetische Mittagslinie sie wird durch Einwirkung der horizontalen Componente der erdmagnetischen Kraft erzeugt und giebt die Richtung der letzteren daher auch vollkommen an. Würde man diese Magnetnadel mit einem horizontalen Gradbogen verbinden, dessen Mittelpunkt mit ihrem Drehungspunkte zusammenfällt und dessen Nullpunkt in der Verlängerung der Ruhelage der Nadel sich befindet, so könnte man aus den entweder freiwillig stattfindenden oder durch momentane äussere Einwirkungen erzeugten Ablenkungen direct auf die Aenderungen der horizontalen Intensität des Erdmagnetismus schliessen. Mit Hülfe geeigneter Vorrichtungen zur genauen Messung der Ablenkungen kann man daher nicht bloss die Richtung dieser Kraft auffinden, sondern auch die Stärke einer einwirkenden secundären Ursache mit dieser in bestimmter Weise vergleichen. Verbindet man mit diesen Ablenkungsbeobachtungen auch Schwingungsversuche, indem man unter Benutzung eines Chronometers oder einer Pendeluhr die Zahl der Schwingungen misst, welche eine solche Nadel innerhalb eines bestimmten

Zeitintervalles — etwa innerhalb 1 Minute — vollbringt, so gelangt man zu den Elementen, um sowohl Messungen der Horizontalintensität, als auch die Vergleichung der magnetischen Wirkungen anderer Kräfte mit dieser vornehmen zu können. Ein derartiges Instrument wollen wir ein Magnetometer nennen, wenn es diesen Bedingungen entspricht; hingegen soll dasselbe Magnetoskop heissen, wenn bloss Aenderungen seiner Ruhelage an demselben beobachtet werden können. — Es soll schon an dieser Stelle gezeigt werden, wie man die Stärke einer das Magnetometer ablenkenden Kraft durch die Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus und den bleibenden Ablenkungswinkel ausdrücken kann. Es sei XX (*Fig. 218*) die Richtung der magnetischen Mittagslinie, in welcher die um O drehbare Magnetnadel zur Ruhe kömmt, wenn sie der Einwirkung des Erdmagnetismus allein unterworfen ist. Würde man diese Nadel durch irgend welche Einwirkung aus ihrer Lage in die bleibende Richtung NS versetzen, und nimmt an, dass der gemeinschaftliche Angriffspunkt aller hier wirksamen Kräfte in N sei, dass ferner NA die Grösse der (parallel mit XX wirkenden) Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus H vorstelle und m das magnetische Moment der Nadel (Product aus dem positiven oder negativen Magnetismus derselben in die Distanz ihrer mathematischen Pole) sei, so wird durch Einwirkung des Erdmagnetismus die Nadel mit der Kraft BN gegen den (als fix angenommenen) Drehungspunkt, mit der durch $CN = AN \sin\gamma$ vorgestellten Kraft aber in ihre magnetische Ruhelage zurückzuführen gesucht (vorausgesetzt, dass NB in der Verlängerung von SN liegt und CA parallel zu NB, ferner CN senkrecht zu NS ist). Die Kraft, mit welcher also die Nadel durch Einwirkung des Erdmagnetismus in dieser neuen Lage afficirt wird, kann man für unsere einfachen Betrachtungen gleich $Hm \sin\gamma = Hm \sin\alpha$ setzen. Stellt nun END die Richtung der ablenkenden Kraft vor, in welcher diese mit XX einen bekannten Winkel β bildet, und wird ihre Stärke S durch DN vorgestellt, so kann man wieder (mit Hülfe des bekannten Gesetzes des Parallelogrammes der Kräfte) diese Einwirkung in zwei zerlegt denken, von welchen die eine mit der Stärke FN die Nadel gegen den (fixen) Drehungspunkt O, die andere NG aber dieselbe ablenkt. Die Grösse der ablenkenden Kraft kann man also darstellen durch $Sm \sin\delta = Sm \sin(\alpha + \beta)$. Hat nun die Nadel des Magnetometers die bestimmte Gleichgewichtslage angenommen, hat ferner ihr magnetisches Moment in Folge der Einwirkungen der neuen Kraft eine Aenderung nicht erfahren etc., so muss offenbar

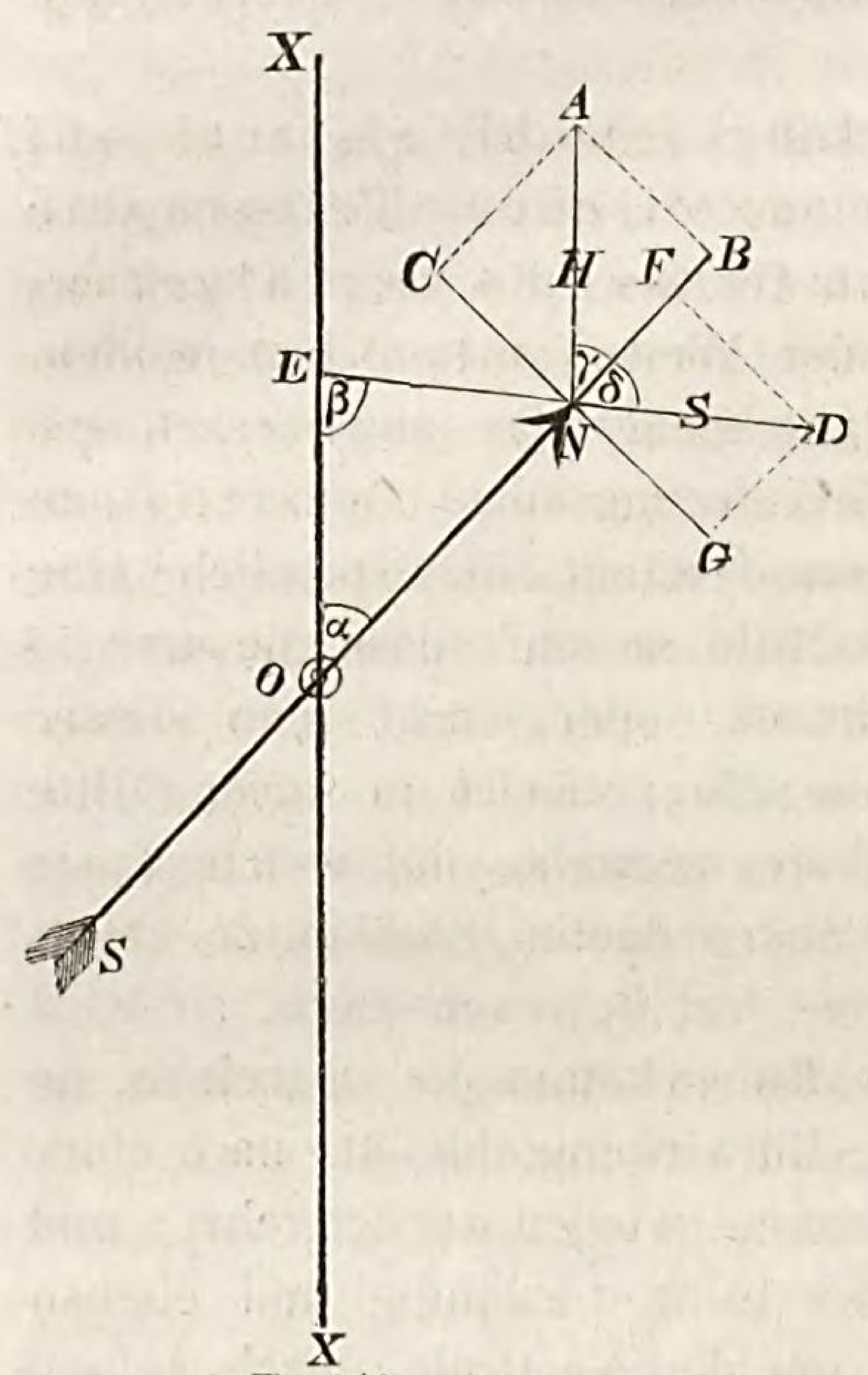


Fig. 218.

$$Sm \sin(\alpha + \beta) = Hm \sin\alpha,$$

also

$$S = H \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{I}).$$

sein. — Würde nun die Anordnung so getroffen sein, dass die Richtung der ablenkenden Kraft senkrecht zur magnetischen Ruhelage XX wirkt, so wäre $\beta = 90^0$, also $\sin(\alpha + \beta) = \sin(90 + \alpha) = \cos \alpha$, daher

$$S = H \operatorname{tg} \alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{II}).$$

Würde hingegen die ablenkende Kraft senkrecht gegen die neue Ruhelage der Nadel gerichtet sein, so hätten wir $\sin \delta = \sin(\alpha + \beta) = \sin 90^0 = 1$, folglich

$$S = H \sin \alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{III}).$$

Wenn also in den hier bezeichneten drei Fällen jedesmal α oder α und β bekannt sind (wofür im 1. und 3. Falle noch ein zweiter Winkelmesser am Magnetometer angebracht werden muss), so würden wir die Kraft S jedesmal absolut messen und sohin auch durch die Schwerkraft des Beobachtungsortes ausdrücken können, wenn H bekannt geworden wäre. Diese Betrachtungen setzen zwar manche Umstände als unveränderlich voraus, die es in der Wirklichkeit nicht sind; jedoch stehen unsere Voraussetzungen mit der Genauigkeit, mit welcher in der Telegraphentechnik die Messungen vorzunehmen sind, nicht in Widerspruch, und ausserdem lassen dieselben jedenfalls zu, auf relative Messungen die angegebenen Grundsätze anzuwenden. Es kann schon hier bemerkt werden, dass diese Grundgesetze bei Stromesmessungen mit einem kreisförmigen Stromleiter, in dessen Mittelpunkt der Drehungspunkt der Nadel ist, ihre Anwendung finden werden.

Die Anordnung, bei welcher die Magnetnadel in einer Verticalebene beweglich ist, lässt in keinem Falle eine freie und empfindliche Bewegung der Nadel zu, da wir es hier mit wenigstens zwei Drehungspunkten zu thun haben. Würde die Axe der Nadel bei jedem Versuche in die Richtung der magnetischen Meridianebene durch eigene Hülfsmittel gebracht werden, so könnte man auch derartige Anordnungen zur Messung solcher Kräfte benutzen, welche die Nadel in der magnetischen Verticalebene ablenken, indem man diese Kräfte durch die Verticalintensität des Erdmagnetismus ausdrückt. Aber abgesehen davon, dass diese Kraft nicht so leicht zu bestimmen ist, wie die oben genannte Grösse H, so sieht man schon, dass die Einrichtung der Verticalmagnetometer, ihre Aufstellung, die Aufsuchung ihrer Fehlerquellen etc. mit so viel Schwierigkeiten verbunden ist, dass wir für praktische Zwecke von solchen Einrichtungen ganz Umgang nehmen müssen. Hingegen werden dieselben ebenso, wie die vorher erwähnten Magnetoskope, zur Wahrnehmung von magnetischen Kraftwirkungen, jedoch nur, wenn diese von ausreichender Stärke sind, vortheilhaft benutzt werden können.

Gehen wir nun auf die Einwirkung eines Theiles des Stromleiters einer geschlossenen Kette auf die Magnetnadel über. Stellen wir uns vor allem vor, ein Magnetoskop der ersten Art werde über dem geradlinigen horizontalen Theil eines Stromleiters angebracht, und dieser habe dieselbe Richtung, wie

das Magnetoskop bei nicht geschlossener Kette. Schliesst man diese mittelst eines Commutators (S. 397) so, dass der Strom von Süd gegen Nord circulirt, so wird man in demselben Augenblicke eine Ablenkung der Nadel in der Art wahrnehmen, dass der Nordpol der letzteren gegen Osten hin ausweicht; versetzt man aber den geradlinigen Theil des Leiters unter sonst gleich bleibenden Umständen unterhalb der Magnetnadel, so geht diese durch den magnetischen Meridian zurück und wird jetzt so abgelenkt, dass der Nordpol gegen West hin ausweicht. Macht man dieselben Versuche unter den hier genannten Umständen und mit dem einzigen Unterschiede, dass nunmehr in beiden Fällen der Strom von Nord gegen Süd hin die Kette circulirt, so wird sich zeigen, dass der Nordpol der Nadel gegen Ost oder West hin ausweicht, je nachdem die Nadel unter- oder oberhalb des Stromleiters sich befindet. — Nehmen wir jetzt an, der Stromleiter sei vertical und in die Richtung der magnetischen Meridianebene gestellt, der Nordpol der Nadel sei dabei südlich von demselben angebracht, und die Kette werde so geschlossen, dass der Strom von oben nach unten dieselbe circulirt, so wird jetzt der Nordpol der Nadel nach demselben Sinne abgelenkt, wie in dem vorhergehenden Falle, wo die Nadel unterhalb des Stromes war und der Strom die Richtung von Süd gen Nord hatte; wird bei derselben Anordnung die Stromrichtung umgekehrt, so geschieht die Ablenkung wie im ersten Falle. Befindet sich endlich der Nordpol der Nadel nördlich vom verticalen Stromleiter, so geschieht die Ablenkung bei der letzten Stromesrichtung wieder gen West, bei der ersten aber gen Ost hin. (Diese Versuche lassen sich sehr leicht unter Anwendung einer einfachen Kette mittelst der von Feilitzsch (a. a. O.) angegebenen Anordnung (*Fig. 219*) anstellen, wobei auf dem Brette *MN* der Kupferdraht *mopn* vertical befestiget ist, bei *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *f* Drahtspitzen zur Aufnahme von kleinen Magnetnadeln angebracht sind, die Pfeile die Stromrichtung bedeuten, und bei *m* und *n* die Drahtklemmen zur Verbindung des Leiters mit der Kette angedeutet sind.) Ganz dieselben Erscheinungen würden wir wahrnehmen, wenn wir ein verticales Magnetoskop bald südlich, bald nördlich eines verticalen in der magnetischen Meridianebene angebrachten Stromleiters anbringen und die Richtung des Stromes jedesmal abändern würden. Wir würden sogar bei beiden Anordnungen die ähnlichen Ablenkungserscheinungen sehen, wenn die Richtung des Stromleiters nicht vertical oder horizontal etc. wäre. Jedenfalls erkennen wir vorläufig aus dem hier Erwähnten, dass, wenn ein Magnetoskop innerhalb eines Stromleiters sich befindet, der die Form eines Rechteckes hat, oder irgend eine gerad- oder krummlinige, an einer Stelle offene Figur bildet, der Nordpol der Nadel durch Einwirkung eines jeden Stromtheiles dieser Figur bei gleichbleibender Richtung des Stromes immer nach demselben Sinne geschieht. Um nun den Sinn der Ablenkung in jedem derartigen Falle leicht ermitteln zu können, benutzt man

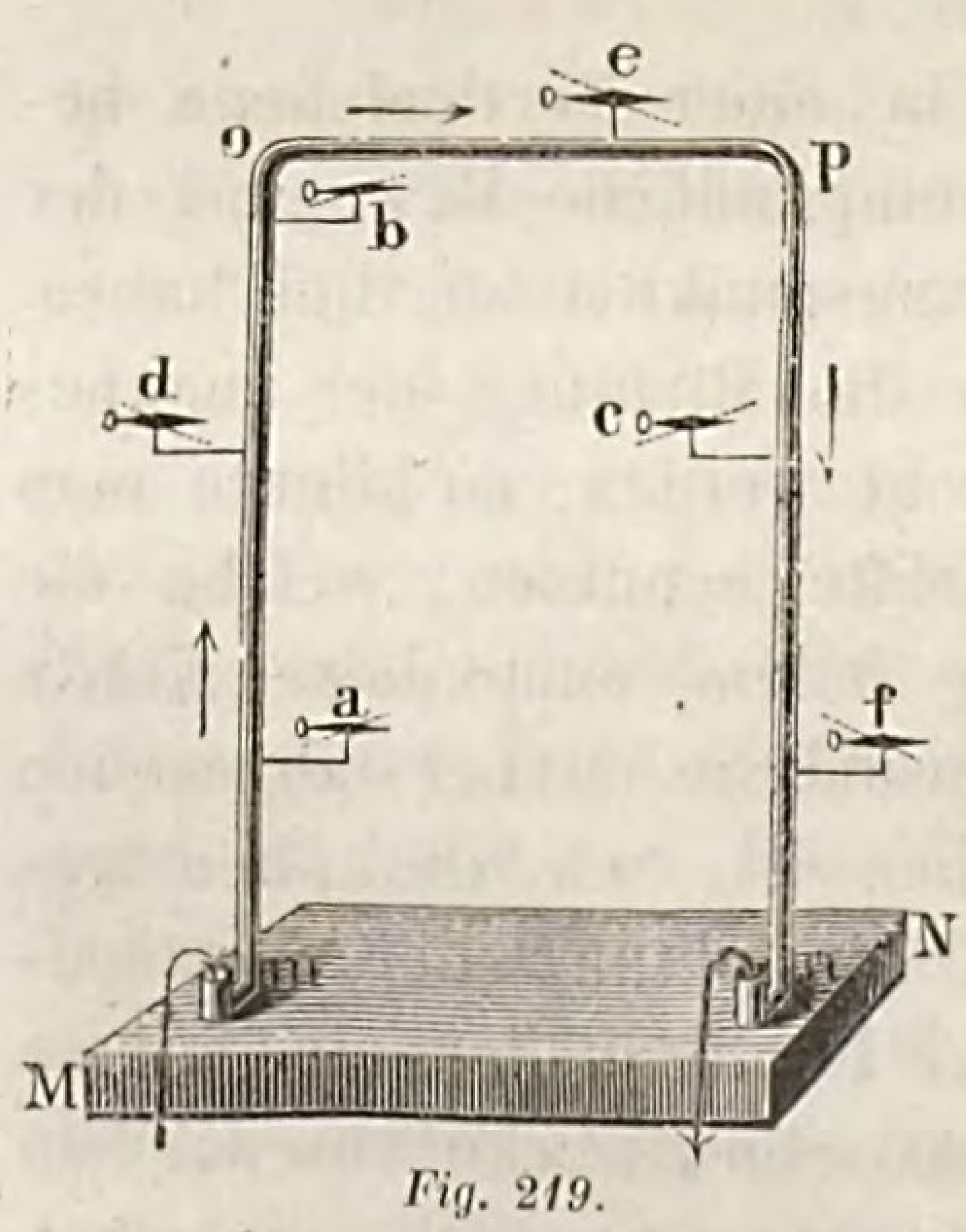


Fig. 219.

die von AMPÈRE hiefür aufgestellte Regel: Denkt man sich nämlich eine menschliche Figur nach der Richtung des Stromes, also so schwimmend, dass gleichsam der Strom an den Füssen ein- und am Kopfe austreten würde, während das Gesicht der Nadel beständig zugewendet bleibt, so wird der Nordpol der Nadel immer nach der Seite hin abgelenkt, auf welcher sich jedesmal die linke Hand der gedachten Figur befinden würde. Was nun die Grösse der Ablenkung des Magnetometers betrifft, so ist diese von der Distanz desselben vom Stromleiter, von der Länge eines jeden Theiles desselben, von der Anzahl der verschieden gerichteten, die Nadel umgebenden Theile des letzteren, von der Grösse des magnetischen Momentes der Nadel und von der Stromeswirkung abhängig, so dass sie im Allgemeinen mit Zunahme aller der letztgenannten Elemente und mit abnehmender Entfernung der Distanz der Nadel vom Stromleiter wächst und im entgegengesetzten Falle wieder abnimmt. Die Grösse der Ablenkung lässt sich aber bei gleichbleibender Stromstärke, oder vielmehr bei Anwendung einer Kette von ungeänderter elektromotorischer Kraft mit gleichbleibendem inneren Widerstande, also unabhängig von der Stromquelle sowohl vermindern als auch vermehren. Wenn man z. B. den horizontalen Theil eines Schliessungsdrahtes an einer Stelle kreisförmig biegt und unmittelbar unterhalb desselben in der durch seinen Mittelpunkt auf die *Ebene* desselben gedachten Senkrechten eine Magnetnadel, sodann in derselben Entfernung vom kreisförmigen Schliessungsdrahte und in gleicher Weise wie jene eine zweite Magnetnadel oberhalb anbringt, und man schliesst sodann die Kette, so werden beide Nadeln in entgegengesetztem Sinne abgelenkt werden. Die Grösse beider Ablenkungen müsste dieselbe sein, wenn bei sonst gleicher Anordnung die magnetischen Drehungsmomente der beiden Nadeln gleich wären, hingegen würde, wenn diess nicht der Fall wäre, der Ablenkungswinkel der magnetisch stärkeren Nadel grösser, als der der anderen sein. Würde man daher beide Nadeln zu einem Systeme so verbinden, dass dieselben parallel zu einander, die gleichnamigen Pole nach derselben Seite hin gekehrt wären, und in derselben Weise nun, wie vorhin, die eine innerhalb, die andere ausserhalb des kreisförmigen Stromleiters anbringen, indem man dieses System mittelst eines Coconfadens so aufhängt, dass der Aufhängungspunkt in der durch den Mittelpunkt auf die Ebene des Schliessungsleiters gedachten Senkrechten liegt, so müsste in diesem Falle die magnetische Wirkung des Stromes auf das Nadelsystem entweder ganz verschwinden oder wenigstens sehr klein ausfallen, je nachdem beide Nadeln gleiche Drehungsmomente haben, oder ihre Drehungsmomente zwar verschieden, der Unterschied derselben aber dabei sehr klein wäre. Obgleich man von diesem Principe meines Wissens bis jetzt noch keine Anwendung auf die Construction von Differentialinstrumenten gemacht hat, so möchte dasselbe in so ferne nicht unwichtig sein, als man unter Benutzung desselben die magnetische Gleichheit zweier Magnetnadeln leicht prüfen kann. — Ein anderes Mittel, um die magnetische Wirkung eines und desselben Stromleiters gegen eine Magnetnadel zu vermindern, besteht darin, dass man den Stromleiter selbst aus zwei Theilen zusammensetzt, die beide auf die Nadel wirken, während in denselben der Strom in entgegen-

gesetztem Sinne circulirt. Die Art und Weise, wie derartige Anordnungen des Stromleiters vorgenommen werden können, wird unten in Erwähnung kommen.

Zur Erhöhung der Wirkung einer bestimmten Stromquelle auf die Magnetnadel kann man ebenfalls verschiedene Mittel anwenden. Alle diese Mittel gründen sich auf einfaches Gesetz. Die Grösse der ablenkenden Kraft eines jeden Stromelementes ist nämlich vor allem proportional der durch den Querschnitt des Elementes in jeder Zeiteinheit fliessenden Elektricitätsmenge, also auch gerade proportional der Stromstärke; jene ablenkende Wirkung steht aber auch in geradem Verhältnisse mit der Anzahl der auf die Nadel einwirkenden Stromelemente oder Querschnitte: man kann sohin die magnetische Wirkung M einer Kette von der Stromstärke S, die durch einen Schliessungsleiter von der Länge l ausgeübt wird, darstellen durch den Ausdruck

$$M = S \cdot l \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{IV}).$$

Bei gleichbleibendem Werthe von S wird daher M desto grösser, je länger der auf die Nadel unmittelbar einwirkende Schliessungsleiter ist. Von diesem Resultate kann man in verschiedener Weise Gebrauch machen. Man kann nämlich den Draht von solcher Länge bei einer gegebenen Drahtsorte, oder von solchem Querschnitte bei einer gegebenen Länge wählen, dass der dem Strome in dem Schliessungsleiter dargebotene Widerstand gleich dem inneren Widerstande der Kette wird, denn in diesem Falle wird — wie wir später sehen werden — die Wirkung der Kette ein Grösstes sein. Nimmt man aber hiefür einen geradlinigen Schliessungsleiter, über- oder unterhalb welchem die Nadel sich befindet, so müsste auch diese von entsprechender Länge sein, wenn alle Stromtheile in gleicher Weise auf die Nadel einwirken sollen, da die Wirkungen der einzelnen Stromelemente auf einen Pol der Nadel im quadratischen Verhältnisse ihrer Entfernung von letzterem abnehmen. Abgesehen nun davon, dass eine derartige Anordnung sehr unbequem wäre, so gelangt man hiebei doch nicht zur grössten magnetischen Stromeswirkung, da mit Zunahme der Länge der Nadel auch die Grösse der Einwirkung, welche sie durch die erdmagnetische Kraft erfährt, nothwendig wachsen muss. Wenn man hingegen den Schliessungsdraht in (vielleicht) kreisförmigen, von einander isolirten Windungen so um die Nadel legt, dass alle einzelnen Stromtheile mit nahezu gleicher Kraft die Nadel afficiren können, so kann hiedurch jener Anforderung entsprochen werden. Eine derartige Anordnung heisst ein galvanischer Multiplicator; dieselbe wurde zuerst von Schweigger (im Jahre 1820) vorgeschlagen und hat später durch Fechner, Nobili, Melloni u. A. mannigfache Verbesserungen erhalten. Man verwendet zur Anfertigung von Multiplicatoren gewöhnlich Kupferdraht, der einfach oder doppelt mit Seide umsponnen (zuweilen auch nur mit Baumwolle umwebt und sodann gut gefirnisst) wird, je nachdem die Zahl der Windungen klein oder gross ist, macht den Durchmesser derselben nicht grösser, als die freie Bewegung der Nadel es erfordert, und bringt letztere entweder auf eine Nadelspitze oder dgl. im Mittelpunkte der Windungen an, oder hängt dieselbe mittelst eines einfachen Coconfadens in gehöriger Weise auf. In letzterem Falle wird das hiedurch

angeordnete Galvanoskop empfindlicher, als wenn das Magnetoskop mittelst einer Spitze suspendirt wird. Gewöhnlich nimmt man für den Multiplicator dünnen — möglichst eisenfreien und mit eisenfreier Seide umsponnenen — Kupferdraht und legt denselben in möglichst eng aneinander schliessenden Windungen um einen Holzrahmen. Die Zahl der Windungen — nämlich die Gesammtlänge des Drahtes — richtet sich im Allgemeinen nach der Grösse des inneren und — nebst dem Multiplicator noch — ausserdem eingeschalteten äusseren Widerstandes. Will man den Multiplicator bloss als Rheoskop benutzen, so reichen wenige Windungen bei einer kurzen Kette, und gegen 100 Windungen von etwa zwei bis drei Zoll Durchmesser aus, um bei bedeutenden Längen der Kette selbst schwache Stromeswirkungen noch wahrnehmen zu können. Die Anordnung eines derartigen Rheoskopes, wie es auch für telegraphische Zwecke benutzt werden kann, ist oben (s. S. 178, *Fig.* 78 und 79) schon beschrieben worden; nur wird für unseren vorliegenden Zweck eine grössere Zahl von Windungen in der Regel genommen werden müssen, als dort angenommen wurde. Die Einrichtung eines Verticalrheoskopes nach gleichem Principe finden wir in *Fig.* 220 schematisch abgebildet, worin *WW* den auf einem Holzrahmen aufgewundenen Draht, *SN* die mittelst einer horizontalen Axe suspendirte Nadel und *AB* einen an der Drehungsaxe befestigten Index bedeutet, der an einem Gradbogen die Ablenkungen anzeigt, *K* und *Z* die Enden der Windungen und *LM* das Stativ bedeutet, mit welchem das ganze Instrument auf dem Apparatentisch befestiget und so leicht in die Kette eingeschaltet werden kann. —

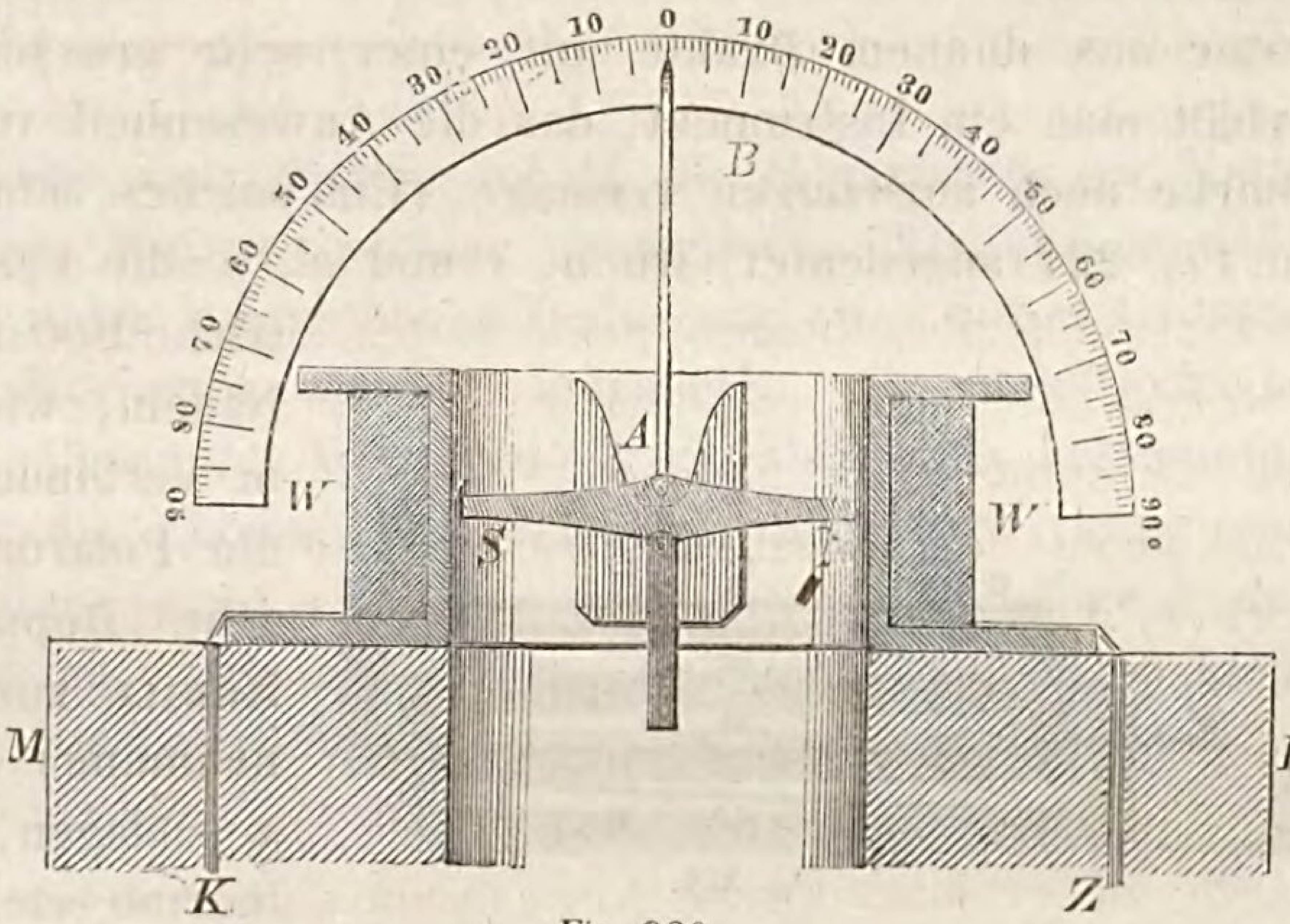


Fig. 220.

Bei Galvanometern mit noch grösserer Empfindlichkeit ist die Anordnung beiläufig so, wie sie unten (*Fig.* 255) dargestellt sich findet.

In bedeutendem Maasse jedoch kann man die Empfindlichkeit eines Galvanometers nicht bloss mittelst der hier angedeuteten Mittel, sondern auch noch dadurch erhöhen, dass man die Nadel in entsprechender Weise anordnet. Wir haben schon oben (S. 513) gesehen, dass man die magnetische Wirkung einer Stromquelle gegen eine Nadel dadurch vermindern kann, dass man statt der einfachen eine Doppelnadel mit gleichsinnig gerichteten Polen benutzt. Wendet man umgekehrt eine sonst in gleicher Weise angeordnete Doppelnadel an, bei welcher jedoch die entgegengesetzten Pole nach einer Seite hin gekehrt sind, und bringt diese mit dem Multiplicator in der Art in Verbindung, dass die eine Nadel innerhalb, die andere aber ausserhalb der Windungen sich befindet, und beide, mittelst eines einfachen Coconfadens leicht beweglich aufgehängt werden, so wird aus

zwei Gründen die Ablenkung dieser Doppelnadel vergrössert werden müssen. Einmal wirkt nämlich jedes Stromtheilchen ablenkend und zwar nach gleichem Sinne auf beide Nadeln ein; ferner wird aber auch das magnetische Moment der Doppelnadel der Differenz der magnetischen Momente der einzelnen Nadeln bei dieser Anordnung gleich sein. Wenn daher m_1 das der ersten, m_2 jenes der zweiten Nadel bedeutet, so wird die Einwirkung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus auf dieses Nadelpaar durch $H(m_1 - m_2)$ ausgedrückt werden können. Construirt man daher beide Nadeln so, dass dieselben in magnetischer Beziehung als vollkommen gleich angesehen werden können, so wird $m_1 = m_2$, und es fällt sodann die Einwirkung des Erdmagnetismus auf das Nadelpaar ganz hinweg. Ein derartiges Nadelpaar sollte daher, unter gewöhnlichen Umständen für ein Magnetometer verwendet, in jeder beliebigen Lage in Ruhe verbleiben; man kann dasselbe eine astatische Doppelnadel nennen. Wird dasselbe innerhalb der Windungen eines Multiplicators versetzt, so wird die astatische Doppelnadel — bei nicht zu grossem äusseren und zufällig eingeschalteten Widerstand — nach dem Schliessen der Kette mittelst des Rheoskopes immer die grösstmöglichste Ablenkung zeigen, d. h. senkrecht gegen die Stromrichtung sich stellen. Verbindet man daher das astatische Nadelpaar mit einem Multiplicator aus dünnem Drahte mit einer sehr grossen Zahl von Windungen, so erhält man ein Instrument, das die Anwesenheit von Strömen äusserst geringer Stärke noch anzuzeigen vermag. (Ein solches astatisches Nadelpaar finden wir in *Fig. 221* angedeutet, wo n, s und s', n' die beiden durch eine nicht magnetische Substanz mit einander verbundenen Nadeln, wie sie mit dem Multiplicator in Verbindung gesetzt werden, k und z die Polardrähte bedeuten.) Die astatische Doppelnadel wurde zuerst von NOBILI zur Messung (vielmehr Wahrnehmung) sehr schwacher Ströme vorgeschlagen, und wird seit jener Zeit für thermo-elektrische, für physiologische Zwecke, sowie überhaupt unter allen den Umständen benutzt, welche nur Stromquellen von schwacher Wirkung darbieten, kann jedoch auch bei wirklich rheometrischen Untersuchuegen, wenn das Galvanometer gehörig graduirt wird, mit grösstem Vortheil verwendet werden. Für unsere vorliegenden Zwecke nehmen wir von den Galvanometern mit Doppelnadel vorläufig Umgang, da dieselben stets mit einfachen Magnetometern, die mit Multiplicatoren oder Stromleitern überhaupt in gehöriger Weise umgeben werden, fast in allen vorkommenden Fällen ausreichen.

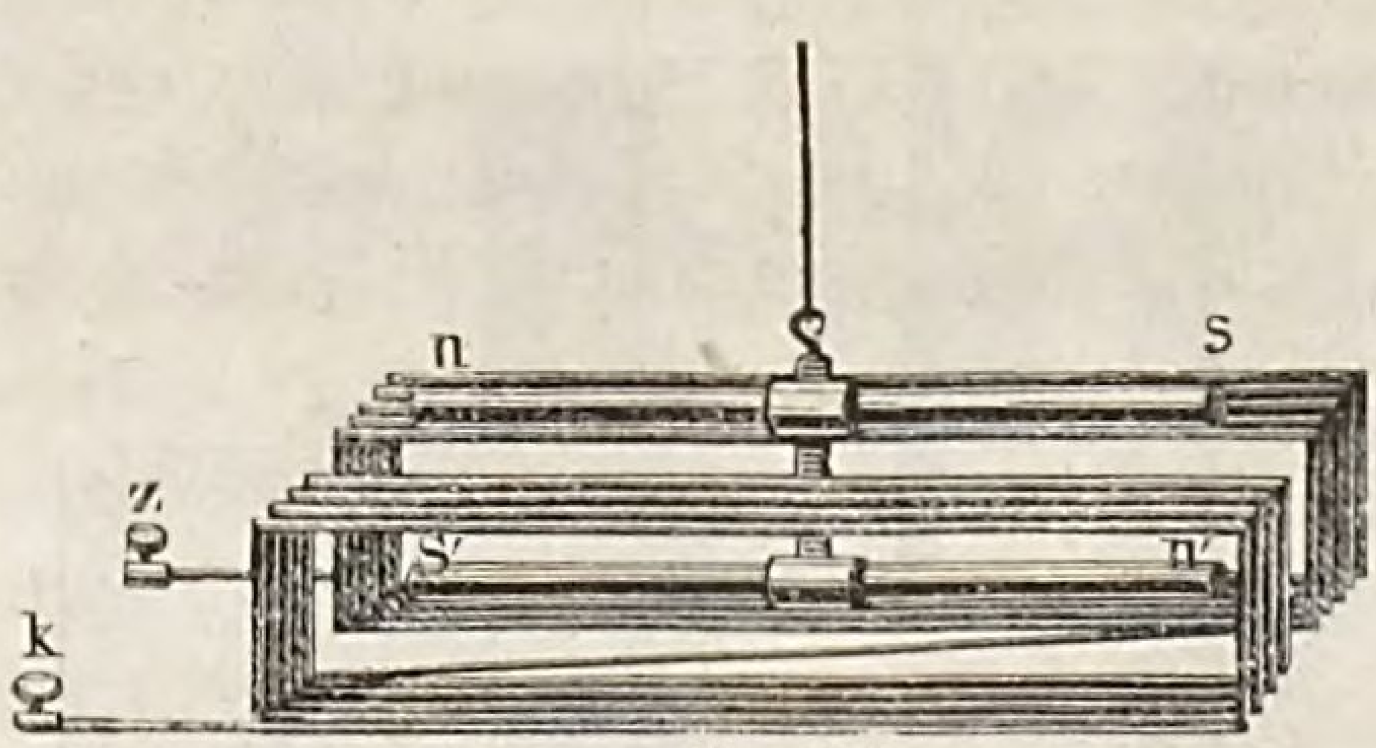


Fig. 221.

Fragen wir endlich noch, in wie ferne die Anordnung der Stromquelle, die wir bis jetzt als constant angenommen haben, mit der Wirkung des Stromleiters auf die Nadel zusammenhängt, so kann diess beiläufig in folgender Weise erörtert werden. Nennen wir nämlich E die elektrische Kraft der einfachen Kette, n die Zahl der zu einer Säule verbundenen mfachen Ketten, ist ferner z der wesentliche Widerstand in der einfachen Kette und w

der ausserwesentliche des ganzen Schliessungsleiters, so hat man [§. 68, Gleich. V)]:

$$S = \frac{nmE}{mw + nz}$$

Nun sei l_1 die Länge des Multiplicatordrahtes, λ_1 seine reducirte Länge, bezogen auf eine Widerstandseinheit von der Grösse k und dem Querschnitte q, l_2 die Länge des sonstigen Schliessungsleiters, λ_2 seine reducirte Länge, endlich l_3 die reducirte Länge der einfachen Kette, bezogen auf dieselbe Einheit, so ist

$$\lambda_1 = \frac{k l_1}{q}; \quad \lambda_2 = \frac{k l_2}{q}; \quad z = \frac{k l}{q},$$

und mithin

$$S = \frac{nmE}{km\left(\frac{l_1}{q} + \frac{l_2}{q}\right) + n\frac{l_3}{q}}.$$

Verbindet man diesen Werth mit Gleichung Nr. IV) (S. 514), so hat man für die magnetische Wirkung dieser Kette:

$$M = \frac{qnm}{k} \cdot \frac{E}{m(l_1 + l_2) + nl_3} \cdot l_1 \quad \ldots \ldots \ldots \text{V)}.$$

In jedem besonderen Falle lässt sich daher, sobald die Constanten der Kette ermittelt worden sind, angeben, wie gross diese magnetische Wirkung ausfällt. Ferner liessen sich nach der unten angegebenen Bedingung zwei dieser Grössen so ermitteln, damit M ein Maximum würde. Betrachten wir aber extreme Fälle, so finden wir, dass in diesen der Werth von M jedesmal einer bestimmten Gränze sich nähert, die über die Abhängigkeit der magnetischen Wirkung von gegebenen Umständen Aufschluss giebt. Nehmen wir zuerst die Länge l_1 des Multiplicatordrahtes so gross an, dass die übrigen Grössen gegen diese klein ausfallen, so dass nämlich in der Gleichung

$$M = \frac{qnm}{k} \cdot \frac{E}{m\left(1 + \frac{l_2}{l_1}\right) + n\frac{l_3}{l_1}}$$

die Grössen $\frac{l_2}{l_1}$ und $\frac{l_3}{l_1}$ unberücksichtiget bleiben dürfen, so hat man

$$M_1 = \frac{q}{k} \cdot nE,$$

d. h. die magnetische Wirkung ist nicht von der Oberfläche der Kette, sondern nur von ihrer elektrischen Kraft abhängig; ausserdem wächst aber die magnetische Wirkung mit dem Leitungsvermögen des Schliessungsleiters. Ferner zeigt dieser Ausdruck, dass die magnetische Wirkung in dem angenommenen Falle in geradem Verhältnisse mit der Anzahl der einfachen zu einer Säule verbundenen Kette wächst und abnimmt.

Setzen wir jetzt, die Länge des zufällig eingeschalteten Leiters l_2 sei so gross, dass alle übrigen Widerstände von demselben weit übertroffen werden, so hat man, wenn in

$$M = \frac{qnm}{k} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{E}{m\left(\frac{l_1}{l_2} + 1\right) + n\frac{l_3}{l_2}}$$

die Grössen $\frac{l_1}{l_2}$ und $n\frac{l_3}{l_2}$ als Summanden hinweggelassen werden dürfen:

$$M_2 = \frac{q}{k} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot nE = \frac{q}{kl_2} \cdot nE \cdot l_1 = \frac{l_1}{l_2} M_1$$

In diesem Falle wächst also die magnetische Wirkung wieder in geradem Verhältnisse mit dem Leitungsvermögen des Schliessungsleiters sowohl, als auch mit der elektrischen Kraft der Kette und ist gleich dem Producte dieser beiden Grössen in die Länge des Multiplicatordrahtes, mit welcher sie in geradem Verhältnisse zunimmt. Bei einer derartigen Anordnung kann sohin — unter sonst gleichen Umständen — die magnetische Wirkung so klein ausfallen, dass, wenn nicht entweder l_1 lang genug, oder n von hinreichender Grösse genommen, oder endlich beiden Bedingungen gleichzeitig Genüge geleistet wird, der Erfolg derselben zweifelhaft werden könnte. Wäre endlich der Widerstand in der einfachen Kette schon so gross, dass die Theile des Schliessungsleiters gegen jenen nicht von Betrag sind, so hätte man in

$$M = \frac{qnm}{k} \cdot \frac{l_1}{l_3} \cdot \frac{E}{m\left(\frac{l_1}{l_3} + \frac{l_2}{l_3}\right) + n},$$

die Grössen $\frac{l_1}{l_3}$ und $\frac{l_2}{l_3}$ zu vernachlässigen, und es wäre

$$M_3 = \frac{q}{kl_3} \cdot mE \cdot l_1 = \frac{q}{k} \cdot \frac{l_1}{\frac{l_3}{m}} \cdot E = \frac{ml_1}{nl_3} M_1.$$

In diesem Falle wächst also die magnetische Wirkung nicht bloss mit dem Leitungsvermögen der Bestandtheile und der elektrischen Kraft der einfachen Kette, sondern auch mit der Grösse der Oberfläche der letzteren; hingegen erreicht sie wieder nur einen Theil des Werthes von M_1. Nehmen wir endlich an, dass in Gleich. V) $\frac{l_2}{l_1}$ unbeachtet bleiben darf, so nimmt dieselbe den folgenden Werth an:

$$M_4 = \frac{nmE}{\frac{k}{q}\left(ml_1 + nl_3\right)} l_1.$$

Dieser Ausdruck sagt bloss aus, dass man für eine gegebene magnetische Wirkung immer eine aus mehrfachen Ketten zusammengesetzte Säule so construiren kann, dass dieselbe der Länge des Multiplicatordrahtes entspricht, da in diesem Falle die magnetische Wirkung der Stromstärke proportional ist. Von dieser sowohl, als auch von der im ersten Falle gemachten Anordnung macht man dann Gebrauch, wenn bloss lokale Zwecke in Rücksicht kommen. Will man aber auf langem Wege magnetische Wirkungen fortpflanzen, wie diess durch Linienbatterien geschehen soll, so stossen wir wirklich auf den zweiten

der vorhin angenommenen Fälle. Wenn man daher in diesem Falle nicht bedeutend grosse Drahtmassen für den Multiplicator verwendet und als Stromquelle nicht eine Batterie benutzt, deren reducirter Gesammtwiderstand einen merklichen Werth gegen die Länge der Leitung hat, so kann man im Allgemeinen bei sehr langen Telegraphenstrecken nur dann eine wahrnehmbare magnetische Wirkung erhalten, wenn die Leitungsstrecke keinen zu grossen Leitungswiderstand darbietet. Ausserdem sieht man, dass es von der grössten Wichtigkeit ist, für Linienketten nur solche zu verwenden, die bei grosser elektrischer Kraft einen bedeutenden inneren Widerstand darbieten.

Die vorstehenden Betrachtungen finden nicht bloss für die Wirkung eines Stromleiters auf die Magnetnadel, sondern auch für die magnetischen Wirkungen der zweiten Art ihre Anwendung; nur kommen bei diesen noch andere Elemente hinzu, welche auf die Wirkungen von Einfluss sind, und wir werden unten in Kürze darüber zu sprechen Gelegenheit finden.

Unter den Messinstrumenten, welche für elektro-technische Zwecke unter den magnetischen Rheometern von Wichtigkeit sind, müssen wir die Tangenten-, die Sinus-Boussole, dann die Galvanometer mit einfacher Nadel überhaupt hervorheben.

Die Tangentenboussole, wie dieselbe von Weber bei seinen Arbeiten benutzt worden ist [37], hat folgende Einrichtung (*Fig. 222*): *AA* stellt einen breiten Kupferstreifen von 30 □mm Querschnitt vor, der genau kreisförmig gebogen ist und einen Durchmesser von 198,5mm hat; an einer Stelle (*C*) ist derselbe offen, und es steht hier das eine Ende mit dem äusseren Rohre *C*, das andere mit dem inneren Rohre *D*, welche beide Rohre isolirt ineinander gesteckt und 100mm lang sind, in metallischer Verbindung; von hier aus geschieht die Fortleitung durch die parallel und möglichst nahe an einander stehenden Drähte *EK* und *DF*, von denen jeder 4mm dick ist und mindestens die Länge von 1 Meter bis zur Stromquelle hat, wo die Drähte entweder direct mit den Polen der Kette verbunden oder in die Leitung überhaupt gehörig eingeschaltet wurden. Der

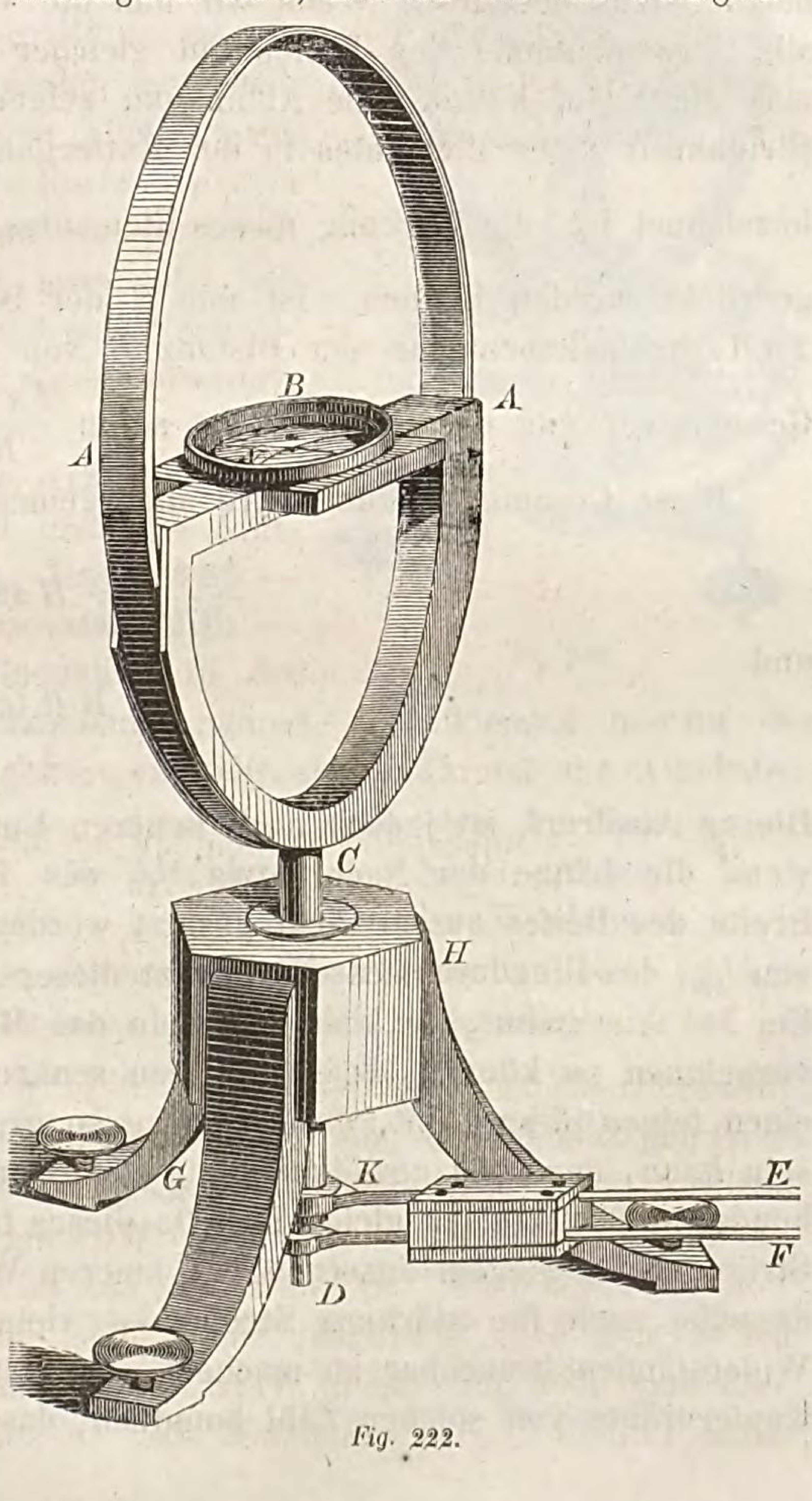


Fig. 222.

kreisförmige Reif AA ist mittelst genannten Rohres auf ein passendes mit Horizontalschrauben versehenes Stativ versetzt, und genau in der Mitte desselben ist eine kleine Boussole (Magnetometer mit Spitzenlager) so befestiget, dass der Drehungspunkt der Nadel mit dem Mittelpunkte des Reifes zusammenfällt, und bei genau verticaler Lage des Spitzenstiftes der Nadel die Drehungsebene derselben den Reif halbirt. Die Nadel hat eine Länge von 50^{mm}, und sohin etwa den 4. Theil des Durchmessers des Reifes. — Wird nun diese Boussole in die Kette eingeschaltet, die Ringebene in die des magnetischen Meridians gebracht, das Stativ horizontal gestellt etc., und die Kette geschlossen, so wirkt, vermöge der hier vorgenommenen Anordnung, die Stromkraft eines jeden Elementes senkrecht gegen den magnetischen Meridian, und wir haben daher, vermöge der Gleich. II) (S. 511) für die Grösse der ganzen Stromkraft den Werth:

$$S = H \operatorname{tg} \alpha$$

wenn α den Ablenkungswinkel der Nadel, H die Horizontalintensität des Erdmagnetismus bedeutet. Wenn wir nun die Voraussetzung machen dürfen, dass alle Stromelemente des Reifes mit gleicher Stärke auf die Nadel einwirken, mag die Nadel irgend eine Ablenkung zeigen, so wird, wenn die Grösse der Stromkraft eines Elementes in der Entfernung gleich 1 von der Nadel durch s bezeichnet ist, die Wirkung dieses Elementes in der Entfernung R durch $\frac{s}{R^2}$ ausgedrückt werden können. Ist nun R der Durchmesser des Reifes, so wirken $2\pi R$ Stromelemente in der Distanz R von der Nadel auf diese ein, und die Gesammtwirkung derselben beträgt sohin $\frac{2\pi R s}{R^2} = \frac{2\pi s}{R}$.

Diese Gesammtwirkung wird aber gemessen durch $H \operatorname{tg} \alpha$, folglich

$$\frac{2\pi s}{R} = H \operatorname{tg} \alpha,$$

und

$$s = \frac{H R \operatorname{tg} \alpha}{2\pi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{VI)}.$$

Dieser Ausdruck ist jedoch nach neueren Untersuchungen nur dann brauchbar, wenn die Länge der Nadel etwa $^1/_{15}$ des Ringdurchmessers beträgt und die Breite des Reifes ausser Acht gesetzt werden darf; bei einer Länge der Nadel von $^1/_{30}$ des Ringdurchmessers besitzt dieser Ausdruck vollkommene Genauigkeit. Um bei Anwendung so kleiner Nadeln das Messen der Ablenkungswinkel genau vornehmen zu können, befestiget man senkrecht gegen die Nadel in ihrer Mitte einen feinen Silberdraht, dessen Länge so gross als der Durchmesser des Ringes sein kann, der aber gewöhnlich nur dem Durchmesser des mit der Boussole verbundenen Theilkreises gleich ist. Da dieses Instrument nur zur Messung starker Ströme bei geringem äusseren und inneren Widerstande dient, so kann man, um dasselbe auch für stärkere Ströme — vielmehr bei Anwendung von grossen Widerständen brauchbar zu machen — anstatt des Reifes isolirte und schwache Kupferdrähte von solcher Zahl benutzen, dass den oben gestellten Bedingungen

genügt wird. — Einen höheren Grad von Empfindlichkeit kann man der Boussole dadurch ertheilen, dass man die Nadel, anstatt mit einer Spitze in ihrer Mitte sie zu unterstützen, dieselbe mittelst eines einfachen Coconfadens aufhängt. Da die Tangentenboussole sehr leicht aufgestellt und behandelt werden kann, so bietet dieselbe ein sehr bequemes und für die Praxis ausreichendes Mittel dar, um Strommessungen sowohl vorzunehmen, als auch zur Vergleichung verschiedener Stromstärken, „indem die Stärken zweier Ströme wie die Tangenten der an einem und demselben Instrumente durch Einwirkung derselben erfolgten Ablenkungen zueinander sich verhalten."

Die Sinusboussole, von Pouillet eingeführt [38], besteht aus einem um eine verticale Axe drehbaren Verticalkreise *CD* (*Fig. 223*), in dessen Mitte eine Boussole so angebracht ist, dass die Nadel *AA* in dem Mittelpunkte derselben frei in einer Horizontalebene beweglich ist, und für deren Horizontalstellung die drei Horizontalschrauben des metallenen Stativs gehören. In die an der Peripherie der Kreisscheibe angebrachte Rinne ist ein Multiplicatordraht gelegt, dessen Enden unterhalb des Kreises austreten. An der den Verticalkreis tragenden Axe ist ein getheilter Horizontalkreis *MN* angebracht, dessen Mittelpunkt in derselben Axe liegt, in welcher die Nadel suspendirt ist. Die an der Axe angeschraubte und mit dem Verticalkreise drehbare Alhidade *RS* lässt die Abweichung der Lage des Verticalkreises von einer fixen Richtung an dem Horizontalkreise erkennen und bestimmen. Beim Gebrauche stellt man die Alhidade auf Null und dreht das ganze Instrument — Vertical- und Horizontalkreis gemeinschaftlich — so weit, bis die Ebene der Windungen in die Richtung der magnetischen Meridianebene gelangt, und klemmt hierauf den Horizontalkreis mittelst der dazu gehörigen Schraube, während die Alhidadenschraube gelöst wird. Verbindet man sodann die Drahtenden des Multiplicators mit den Polen der Kette, so wird eine Ablenkung der Nadel erfolgen. Dreht man hierauf den Verticalkreis so weit, bis die Ebene der Windungen wieder in der Richtung der jetzt zur Ruhe gekommenen Nadel sich befindet, so kann man an dem Horizontalkreise die Grösse der erfolgten Ablenkung ablesen. Da in diesem Falle die Richtung der Stromkraft senkrecht gegen die Nadel geht, so wird nach Gleich. III) (S. 511) für die Stromstärke die Beziehung

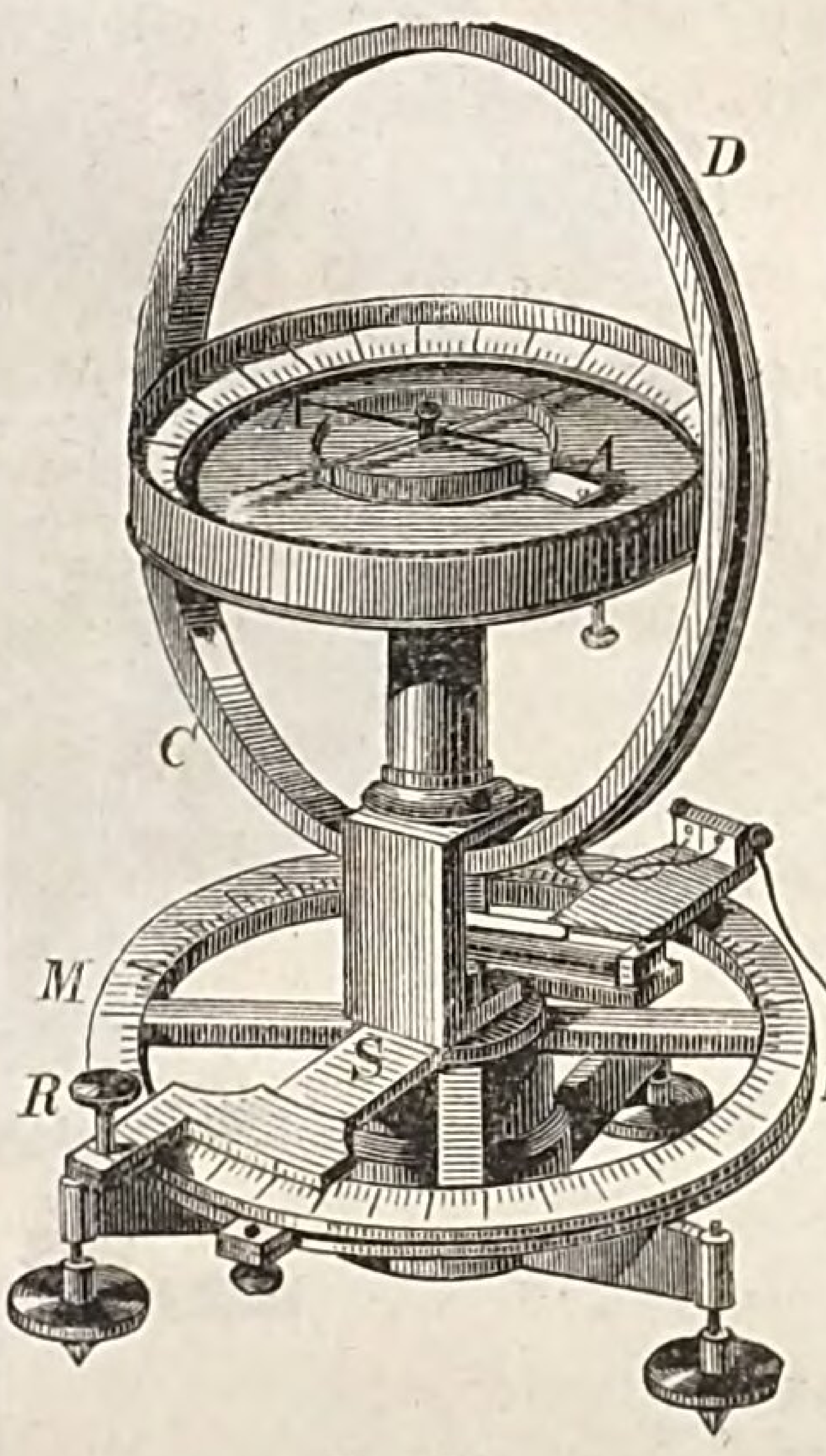


Fig. 223.

$$S = H \sin \alpha$$

stattfinden. „Die Intensitäten zweier Ströme verhalten sich sohin, wenn dieselben mittelst einer und derselben Sinusboussole gemessen werden, wie sich die Sinus der zugehörigen Ablenkungswinkel zueinander verhalten."

Diese beiden Instrumente — Sinus- und Tangenten-Boussole — sind

zum Gebrauche für telegraphische Zwecke in einem Instrumente von SIEMENS und HALSKE vereiniget worden [39], von welchem die perspective Ansicht in *Fig. 224* dargestellt ist. Die kreisrunde Platte *P*, auf welcher der Drahtring *R*

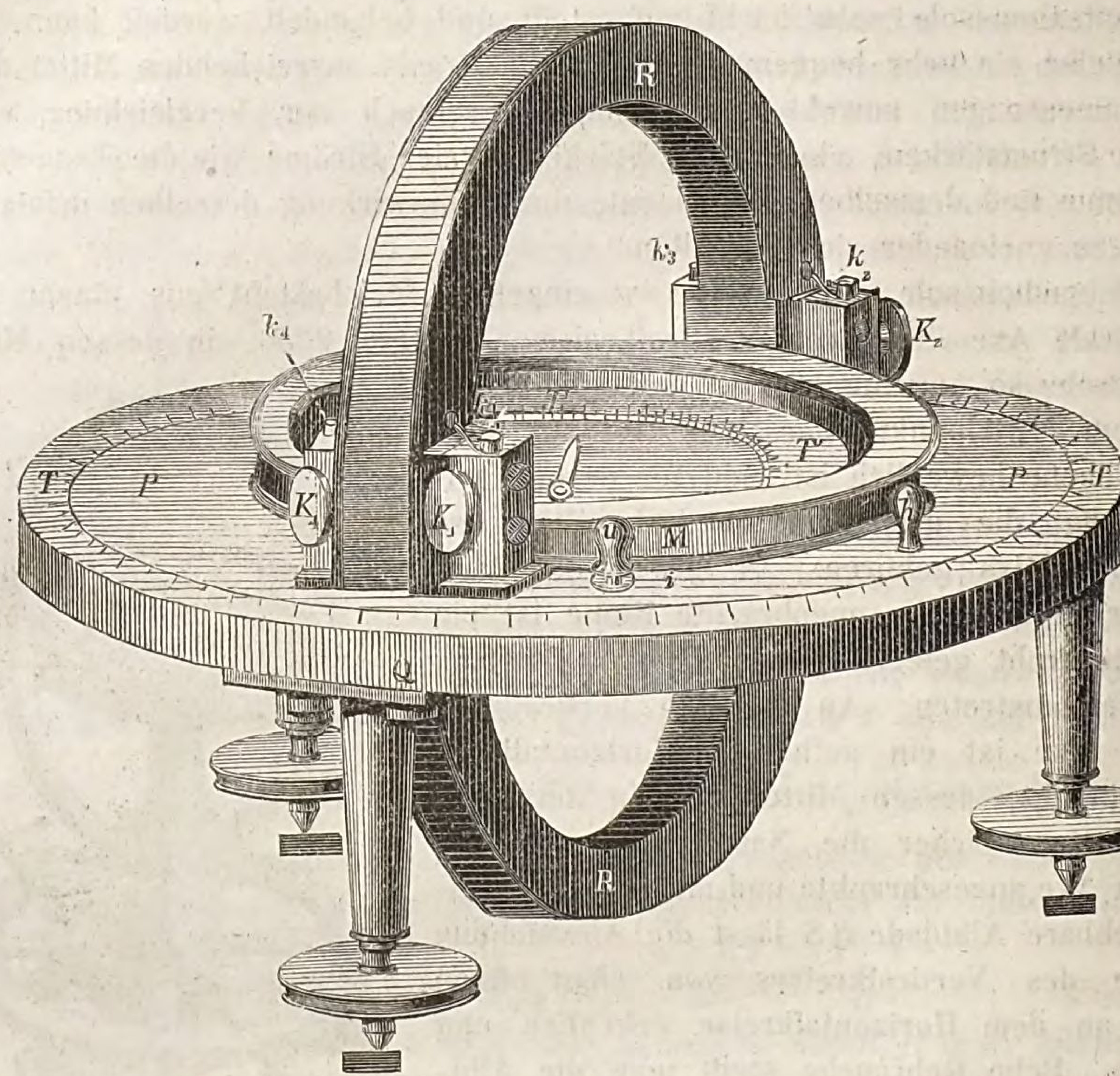


Fig. 224.

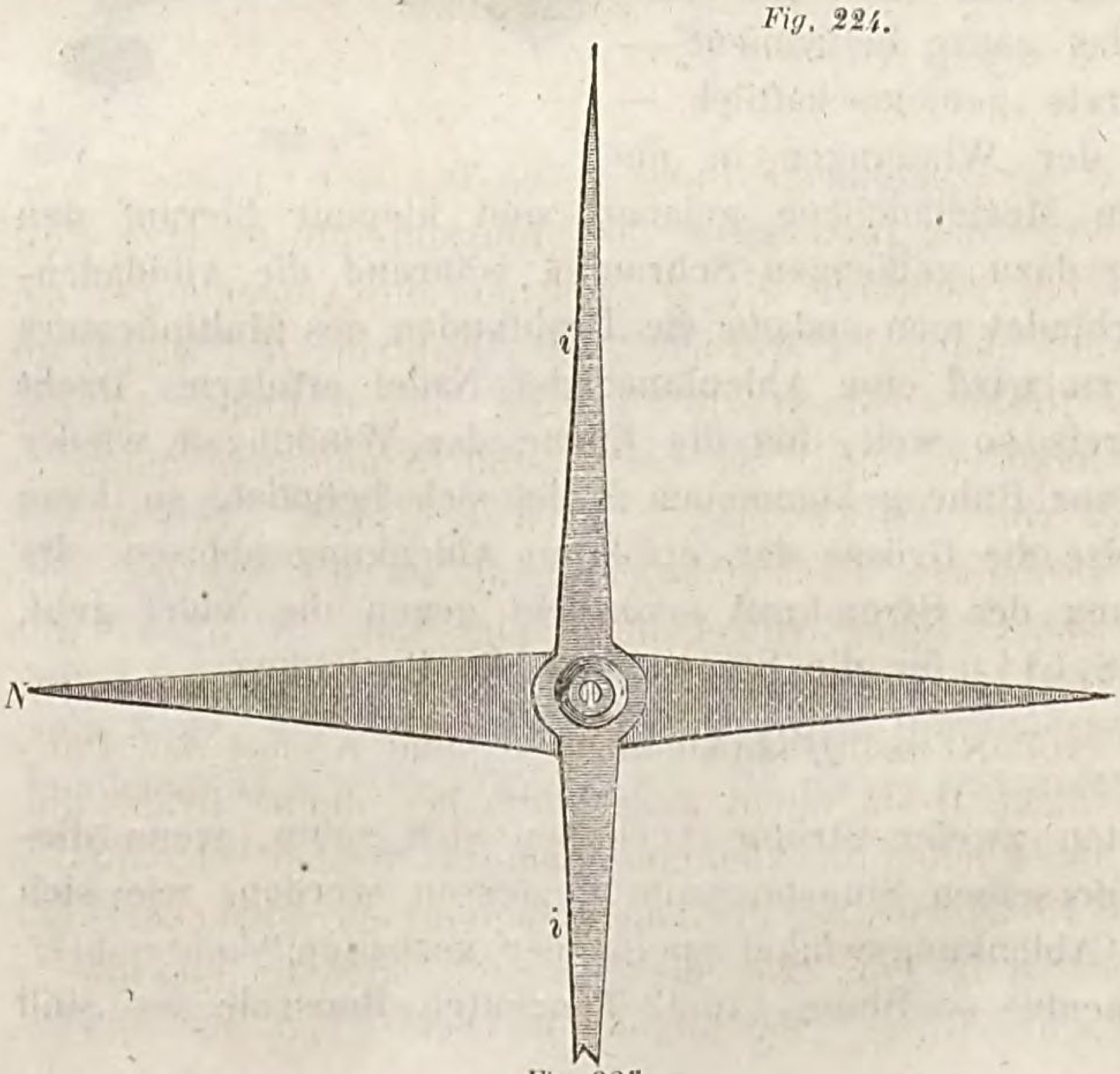


Fig. 225.

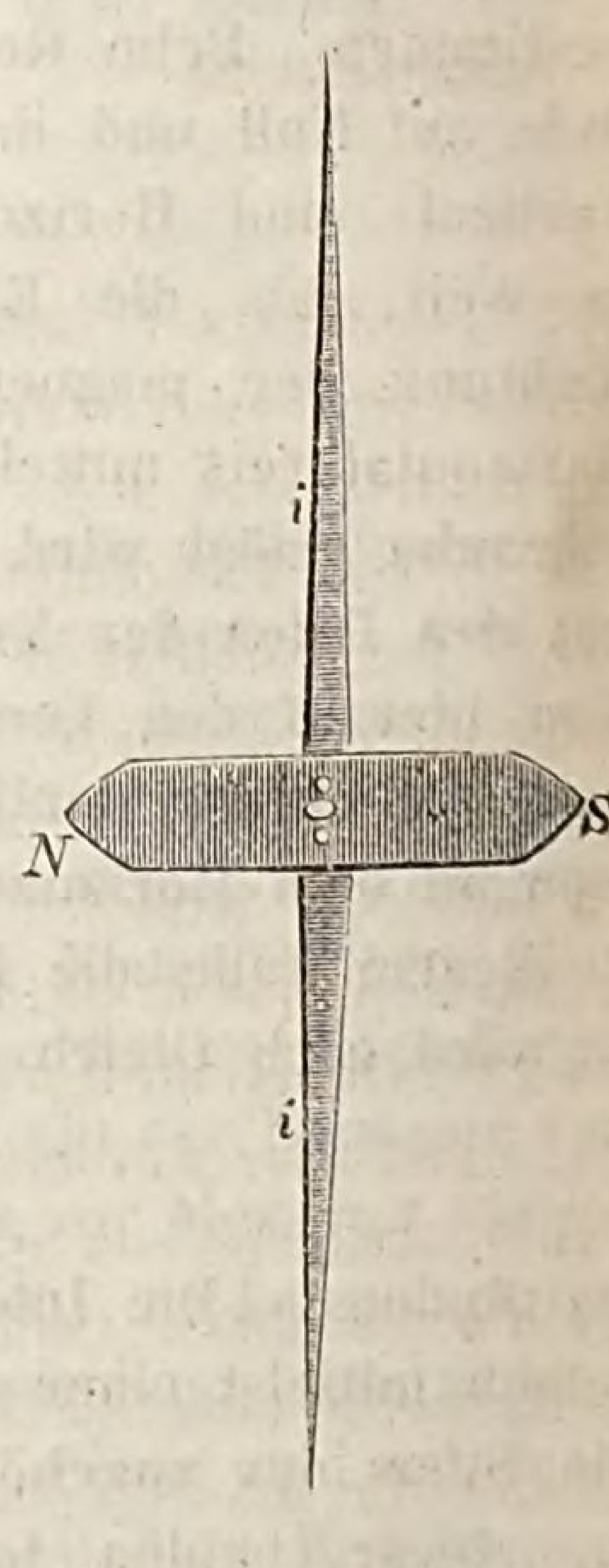


Fig. 226.

und der Nadelkasten *M* unwandelbar befestiget sind, lässt sich durch zwei isolirte Handhaben *h* (von denen nur eine in der Zeichnung sichtbar ist) in der mit einem Kegel *Z* (*Fig. 227*) versehenen Platte *Q* drehen, auf welch' letzterer

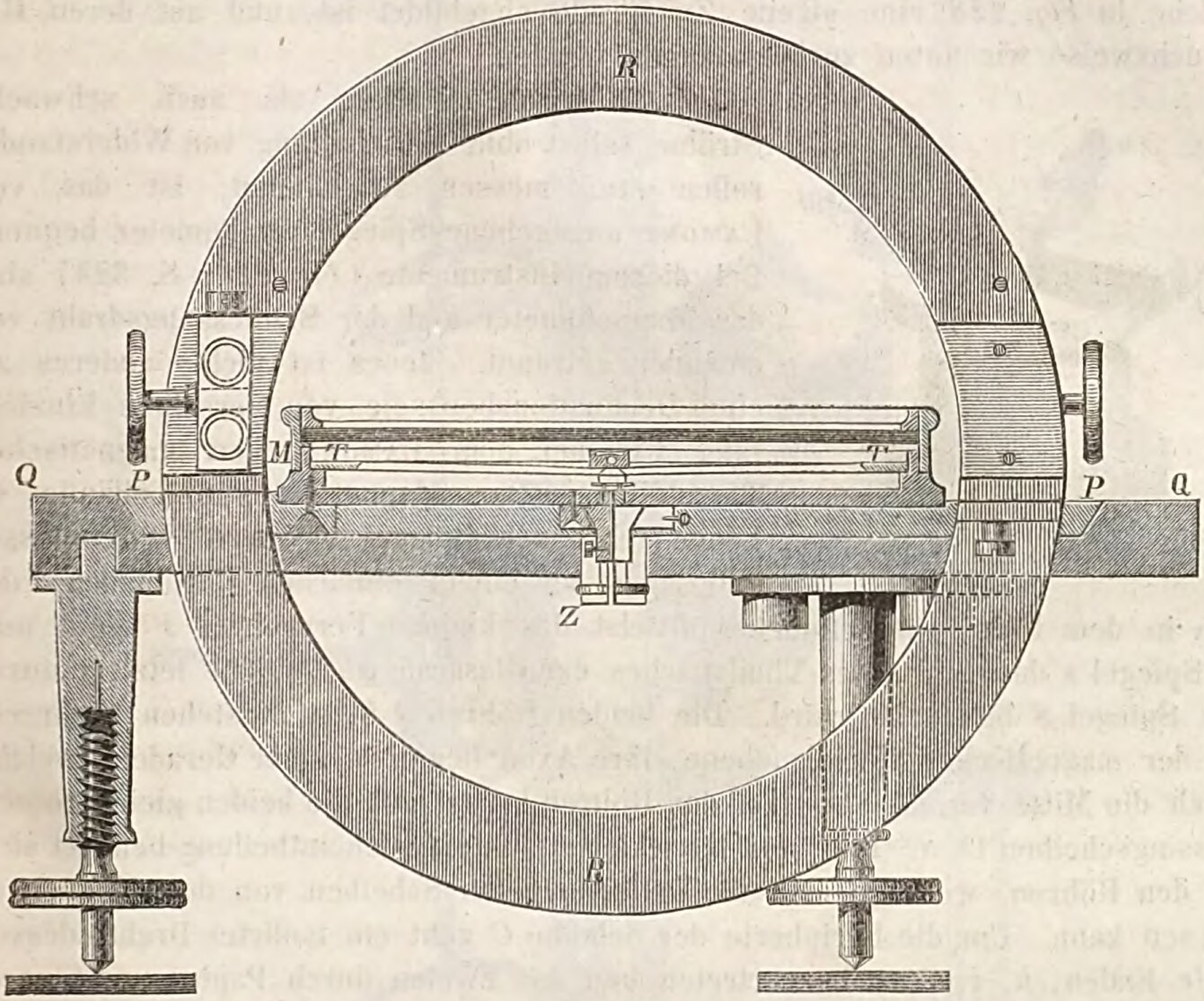


Fig. 227.

der Theilkreis *T* und auf *P* der zugehörige Index *i* sich befindet. Dieser Theilkreis wird angewendet, wenn das Instrument als Sinusboussole benutzt wird. Im Nadelkasten *M* ist noch ein Theilkreis *T'*, an welchem die Ablenkungen der Nadel der Tangentenboussole abgelesen werden. Der Drahtring *R* besteht aus circa 16 Windungen eines Drahtes von 1,339^{mm} Dicke, deren Enden in den Klemmen k_1 und k_2 sich befinden, und aus circa 1050 Windungen dünnerer Drähte, 0,25^{mm} stark, die von der Klemme k_3 nach k_4 gehen. Die dicken Windungen haben einen geringeren Gesammtwiderstand als 0,1 Siemens'sche Einheiten (eine Einheit gleich einer Quecksilbersäule von 1^{m} Länge und 1 □^{mm} Querschnitt), der Gesammtwiderstand der dünneren beträgt circa 150 Siemens'sche Einheiten. Verbindet man die Klemmen K_1 und K_2 mit den Polen einer Batterie, so ist der dicke Draht allein geschaltet, der dünne Draht hingegen, wenn K_3 und K_4 als Fortleitungsklemmen benutzt werden. In diesem Falle wird man die Sinus-, in jenem aber die Tangentenboussole anwenden. Die Nadel für die Sinusboussole ist in *Fig. 225*, die für die Tangentenboussole in *Fig. 226* (S. 522) in wirklicher Grösse abgebildet; bei beiden ist der Index *ii*

aus Aluminium. Um die Schwingungen der Nadel zu dämpfen, oder vielmehr schnell zu beseitigen, kann man durch Drücken des Knopfes *u* zwei Stifte im Nadelkasten aufwärts schieben. Für zu starke Ströme, welche die Ablesung entweder unrichtig oder gar unmöglich machen, wendet man Zweigwiderstände an, für welche in *Fig. 228* eine eigene Zweigrolle abgebildet ist, und auf deren Gebrauchsweise wir unten zurückkommen werden.

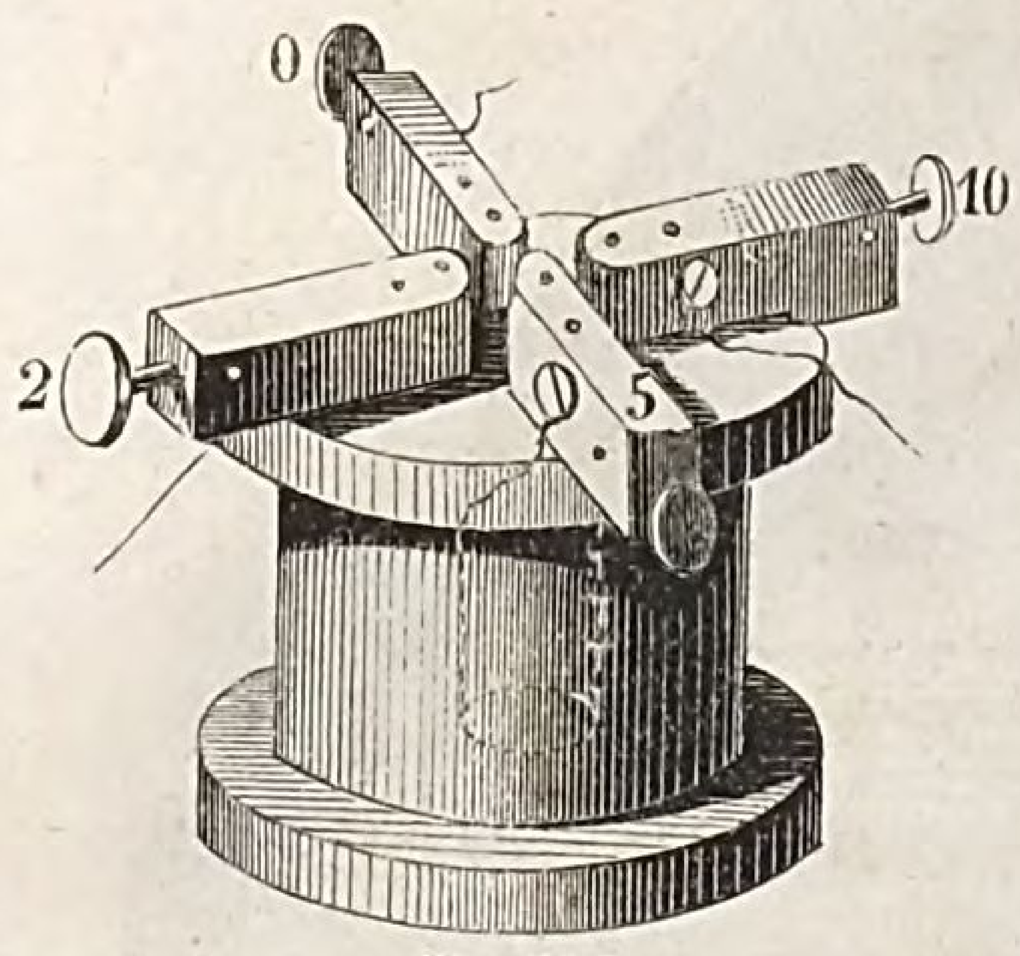


Fig. 228.

Um sowohl starke, als auch schwache Ströme, selbst ohne Einschaltung von Widerstandsrollen etc., messen zu können, ist das von Lamont angegebene Spiegelgalvanometer bequem. Bei diesem Instrumente (*Fig. 229*, S. 525) sind das Magnetometer und der Schliessungsdraht von einander getrennt. Jenes ist nichts anderes als eine Declinationsboussole von derselben Einrichtung wie bei dem Lamont'schen magnetischen Theodoliten. Der Magnet *m* von beiläufig 6‴ Länge trägt den Spiegel *s* von 6‴ Durchmesser und hängt an einem einfachen Coconfaden, der sich in dem Rohre *R* befindet. Mittelst des kleinen Fernrohres *F* sieht man im Spiegel *s* das Bild eines Theilstriches der Glasscale *ab*, welche letztere durch den Spiegel *S* beleuchtet wird. Die beiden Röhren *A B*, *A'B'* stehen senkrecht auf der magnetischen Meridianebene, ihre Axen liegen in einer Geraden, welche durch die Mitte von *m* geht. Auf den Röhren lassen sich die beiden gleichgrossen Messingscheiben *C*, *C'* hin- und herschieben; eine Scaleneintheilung befindet sich auf den Röhren, wornach man die Entfernung der Scheiben von dem Magnete *m* ablesen kann. Um die Peripherie der Scheibe *C* geht ein isolirter Draht, dessen beide Enden, *h*, *i* unten hervortreten und mit zweien durch Papier und Siegellack von einander isolirten Messingscheiben *pq*, *p'q'* in Berührung stehen. Durch eine unten angebrachte Feder *T* wird bewirkt, dass beim Hin- und Herschieben der Scheibe diese Berührung immer und zwar mit gleichem Drucke stattfindet. Von den Enden der Schienen gehen zwei isolirte Drähte nebeneinander herab bis *f* und hinüber bis *g*; der eine Draht *zf* leitet sodann den Strom zu der Rolle *C'*, der andere *ed* geht zu dem negativen Pole der Batterie. Bei der Rolle *C'* sind ganz dieselben Einrichtungen getroffen wie bei *C*, mit dem Unterschiede, dass der Strom in entgegengesetzter Richtung die Scheiben umkreist, mithin beide Kreisströme mit der Summe ihrer Momente die Nadel nach derselben Richtung aus dem magnetischen Meridian abzulenken suchen, während der horizontale Erdmagnetismus dieselbe in den magnetischen Meridian zurückzieht. Bei diesem Instrumente kann man jede Scheibe entweder mit einer oder mit mehreren Windungen versehen, je nachdem man keine sehr schwachen Ströme, oder auch jede Stromeswirkung wahrnehmbar machen will. Die Theorie dieses Instrumentes hier zu geben, liegt ausser dem Bereiche unserer gegenwärtigen Betrachtungen; die Anwendungsweise desselben ist einfach und wird später wieder zur Erwähnung kommen.

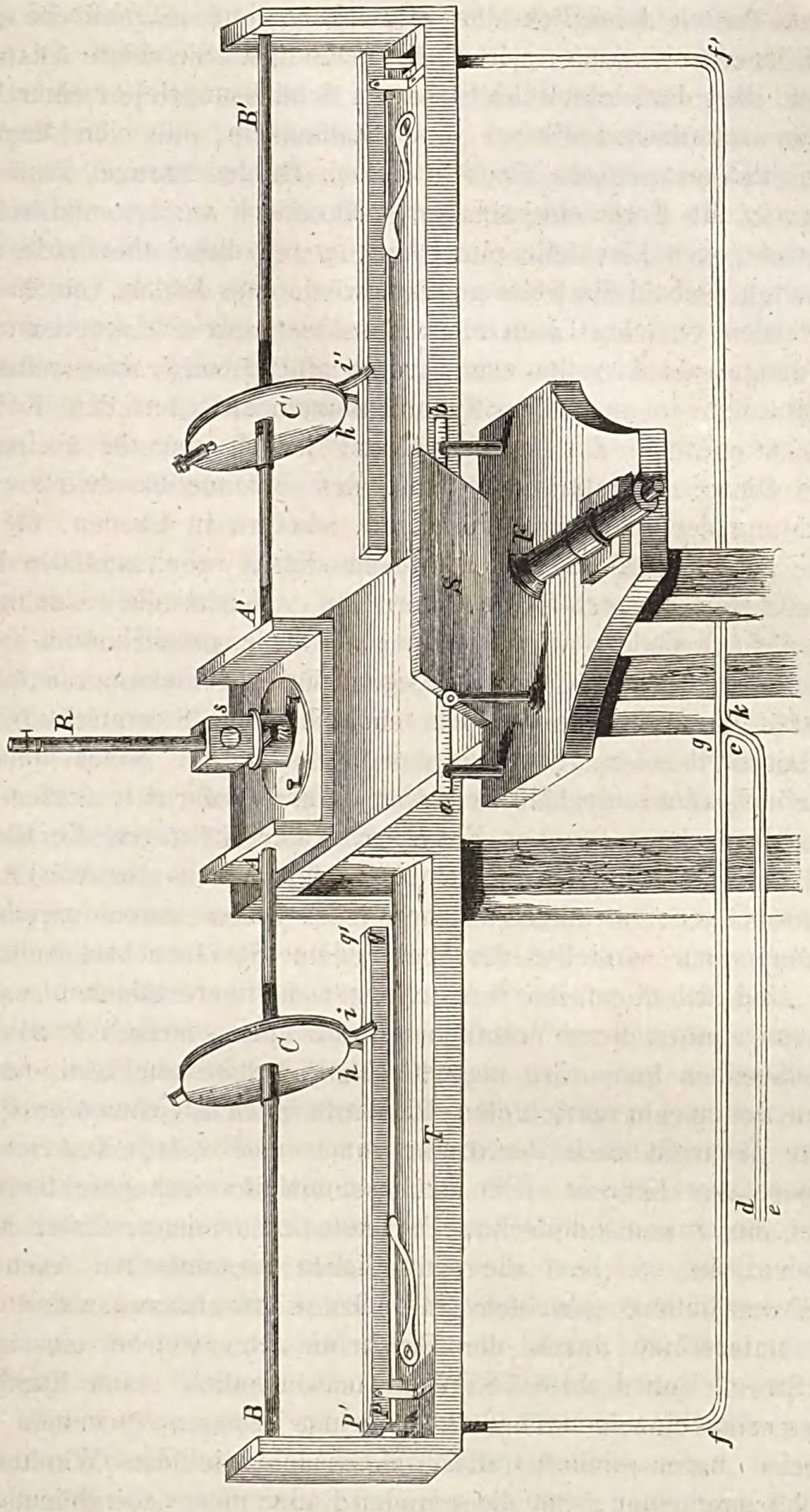


Fig. 229.

Ueber die durch Volta'sche Ströme durch Influenz (Induction) erzeugten Magnete.

Bald nach der Entdeckung Oersted's wurde noch in demselben Jahre von Arago dargethan, dass der Schliessungsleiter einer Volta'schen Kette nicht bloss eine in seiner Nähe befindliche Magnetnadel in ähnlicher Weise zu afficiren vermag, wie ein permanenter Magnet, sondern dass demselben auch überhaupt

ähnliche Eigenschaften bezüglich der Einwirkung auf magnetische und paramagnetische Körper zukommen, wie einem Magneten. So zeigte Arago [40] schon im Jahre 1820, dass der elektrische Strom im Schliessungsleiter einer Volta'schen Batterie in unmagnetischen Eisen- und Stahlnadeln, die von dem letzteren umgeben sind, die magnetische Kraft in hohem Grade erzeuge, dass Leiter aus jedem Metalle, in die Kette eingeschaltet, magnetisch werden und schon in der Ferne anziehend gegen Eisenfeile einwirken, gegen diese aber sich wieder indifferent verhalten, sobald die Kette geöffnet wird, dass Nadeln von Stahl bleibend magnetisch werden, weiches Eisen aber bloss temporären Magnetismus annimmt, und zwar so lange, als dasselbe vom Strome afficirt wird, dass selbst Messing- und Platindraht, sowie auch der Flammenbogen zwischen den Kohlenspitzen diese Eigenschaften, wie das weiche Eisen, jedoch nur in geringem Grade aufweisen [41]. Diese magnetisirende Kraft des Stromleiters wirkt aber nicht nach der Richtung der Längenaxe desselben, sondern in Ebenen, die senkrecht gegen letztere gelegt werden. Es ergibt sich dieses schon aus den im vorigen Artikel aufgeführten Betrachtungen, vermöge welchen die Ablenkung einer Magnetnadel nicht geändert wird, wenn man diese parallel zum geradlinigen Schliessungsleiter fortbewegt, dass hingegen diese Ablenkung sogleich in die entgegengesetzte übergeht, sobald man entweder die Stromrichtung umkehrt, oder bei gleichbleibender Richtung des Stromes die Nadel oberhalb des Schliessungsleiters oder unterhalb desselben u. s. w. anbringt; ferner haben wir dort gesehen, dass ein astatisches Nadelpaar senkrecht gegen die Richtung des Stromleiters sich stellt. Weitere Belege hiefür geben die von Arago entdeckten Erscheinungen, vermöge welchen jedes Stromelement gleichsam einen temporären Magneten vorstellt, der bei jedem Stromwechsel seine Polarität ändert. Wir sind daher zu der Vorstellungsweise berechtiget, dass in einem jeden Schliessungsleiter einer Volta'schen Kette die einzelnen Partikel sich so lagern, dass dieselben temporäre magnetische Polarität annehmen, und dass die nach gleichen Seiten hin gerichteten Elemente auch gleichnamige Pole haben, während diese Polarität nach der Umkehrung des Stromes fast momentan in die entgegengesetzte übergeht. Ein Schliessungsleiter der geschlossenen Kette kann also als ein aus magnetischen Partikeln zusammengesetzter Magnet angesehen werden, in welchem die sämmtlichen magnetischen Axen senkrecht gegen die Stromrichtung gerichtet sind. Diese Anschauungsweise wird aber noch weiter unterstützt durch die Erscheinungen, welche ein spiralförmig gewundener Stromleiter darbietet. Wenn man nämlich einen Kupferdraht so anordnet, dass seine einzelnen Theile kreisförmig gebogen erscheinen, und diese einzelnen Kreise unter sich parallel, gleichsam wie die Windungen einer Schraubenfläche erscheinen, und die geraden Enden dieses spiralförmigen Leiters in passender Weise in die Kette einschaltet, so hat man einen aus lauter kreisförmigen parallelen Stromleitern zusammengesetzten Cylinder, den man nach Ampère einen elektro-dynamischen Cylinder oder auch ein Solenoid nennen kann. Ein solcher Schraubendraht zeigt, wenn derselbe gehörig suspendirt oder sonst in passender Weise angeordnet wird, bei geschlossener Kette alle Eigenschaften eines Magneten, und zwar erscheint das eine Ende

nord-, das andere Ende südpolarisch, ähnlich wie die OERSTED'schen Erscheinungen (s. S. 509) diess verlangen. Geht nämlich der Strom in einem jeden Kreise der Spirale, also in der Spirale selbst für einen an dem einen Ende der Spirale befindlichen Beobachter so von dem Beobachter weg, dass von dem Strome die Spirale in demselben Sinne durchzogen wird, wie der Zeiger einer Uhr sich bewegt, so ist die Eintrittsstelle ein Süd-, die Austrittsstelle ein Nordpol; wird entweder die Stromrichtung umgekehrt, oder der Sinn, in welchem die Spirale läuft, in den entgegengesetzten verwandelt, so findet auch eine Umkehrung der Polarität des elektro-dynamischen Cylinders statt. Bringt man in die Spirale einen cylindrischen oder prismatischen Eisenstab so, dass seine Axe mit der der Spirale zusammenfällt, so wird derselbe während der Dauer des Stromes ein Magnet, dessen Pole mit denen der Spirale gleich gerichtet sind. Ein auf diese Weise vorgerichteter Eisenstab wird ein Elektromagnet genannt.

Zur Herstellung von Elektromagneten umgibt man einen geraden oder einen U förmigen Eisenstab mit einem solchen Schraubendrahte so, dass beide von einander isolirt bleiben. Die Anordnung solcher Elektromagnete hängt von den Umständen ab, unter welchen man sie benutzen will, sowie von den mechanischen Wirkungen, die man mittelst derselben zu erzielen beabsichtiget.

Was die Wirkung der Elektromagnete für telegraphische Zwecke betrifft, so besteht diese immer in einer gegenseitigen Anziehung von Magnet und dem zugehörigen beweglichen Anker, der entweder aus weichem Eisen besteht, oder selbst wieder ein Elektromagnet mit veränderlicher Polarität sein kann. Die für den Telegraphenapparat vom Anker ausgeführte Wirkung ist eine rein mechanische; derselbe hat durch sein alternirendes Annähern zum Elektromagneten und Entfernen von demselben entweder unmittelbar durch eine einfache Vorrichtung die Signale zu erzeugen, oder zur Herstellung der letzteren eine (entweder translatorische oder rotirende) gleichförmige Bewegung zu erzeugen, durch welche die Signalisirung ermöglichet wird. Für unsere gegenwärtigen Zwecke ist es also erforderlich, dass die sogenannte Anziehungskraft des Elektromagneten gegen einen ganz in der Nähe der Pole angebrachten Anker bei dem grössten äusseren Leitungswiderstande die möglichst grösste werde, und dass im Augenblicke der Stromunterbrechung die Anziehung momentan wieder verschwinde, um die Anzahl der Ankeroscillationen innerhalb einer gewissen Zeit auf ein Maximum zu bringen, da wesentlich hievon die Zahl der innerhalb dieser Zeit von einer Station nach einer entfernten gelangenden Signale abhängig ist. Wir werden unten sehen, in wie weit diesen Bedingungen in der Praxis genügt werden kann; die sämmtlichen Umstände aber, welche auf die Erfüllung dieser Bedingungen von Einfluss sind, hier in genaue Erörterung zu ziehen, kann um so weniger in unserer Absicht liegen, weil diese Erörterungen einestheils der Lehre vom Elektromagnetismus (s. Bd. XIX der Encykl. §. 12 f.) angehören, anderentheils aber die auf theoretischem Wege gefundenen Resultate in einem späteren Abschnitte erst in Erwägung gezogen werden müssen; es wird daher jetzt nur das in kurze Erwähnung gebracht, was für unsere vorliegenden Zwecke wesentlich ist. — Was vor allem die Metallsorte betrifft, aus welcher

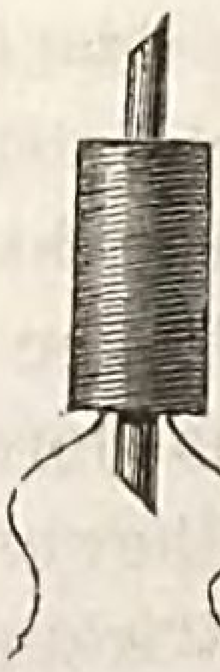
die Drähte für den Schraubendraht zu wählen sind, so ist uns schon aus den obigen (S. 514) Betrachtungen einleuchtend, dass dieselbe den möglichst kleinsten specifischen Leitungswiderstand haben soll, und ausserdem soll dieselbe nicht zu den paramagnetischen Körpern gehören. Es eignen sich daher für diese Zwecke nur Silber-, versilberte Kupfer- und Kupferdrähte aus reinem Kupfer. Die Dicke des hiefür verwendeten Drahtes richtet sich insbesondere nach dem äusseren Widerstande der Leitung, und wird daher bei lokalen Schliessungen grösser, wie bei telegraphischen Leitungen sein; die Grenzen, innerhalb welchen der Durchmesser der Drähte gewählt werden soll, lassen sich theoretisch nicht festsetzen, man nimmt im ersten Falle den Durchmesser nicht grösser als etwa 2^{mm}, und steigt im letzteren Falle nicht unter etwa $1/_{6}$ Millim. herab. Der magnetische Effect des Schraubendrahtes wächst (s. S. 514) mit der Anzahl der Windungen, und die Anziehungskraft soll sogar in quadratischem Verhältnisse der letzteren zunehmen; es erscheint daher als zweckmässig, über den Eisenstab eine den herrschenden Umständen anpassende möglichst grösste Zahl von Windungen in möglichst nahe einander berührende Lagen zu bringen. Dieser Bedingung sucht man dadurch zu genügen, dass man den hiefür ausgewählten Kupferdraht zweifach mit Seide überspinnen lässt und, wenn nöthig, die einzelnen Lagen des Schraubendrahtes noch ausserdem mit einem isolirenden Firniss bestreicht. In neuester Zeit ist von Bonelli u. A. der Vorschlag gemacht worden, anstatt der Drähte nur möglichst feine Metalllinien zu wählen, die entweder auf Papierbändern gezogen oder in Guttaperchablättern u. dgl. in möglichst grosser Zahl neben einander eingelegt werden; jedoch führen einfache Betrachtungen zu der Ansicht, dass weder in ökonomischer Hinsicht, noch bezüglich des magnetischen Effectes durch diese neue Anordnung ein wesentlicher Vortheil erzielt werden kann [42].

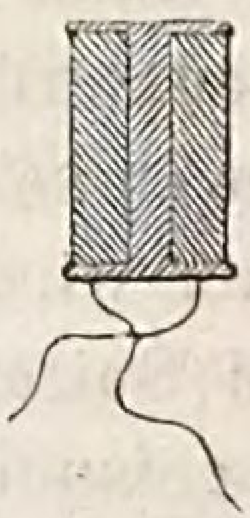
Bezüglich der Anordnung, Gestalt und Dimensionen der für Elektromagnete benutzten Eisenstäbe mit den dazu benutzten Ankern lassen sich allgemeine Gesetze nicht aufstellen; für besondere Fälle sind die hieher gehörigen Gesetze zum grossen Theile schon näher untersucht worden; aber die Frage: „welche Dimensionen muss man z. B. einem geraden oder U förmigen Stab geben, damit bei einer gegebenen Stromstärke ein Maximum der Anziehung auf einen Anker von gegebenen Dimensionen erzielt wird“, lässt sich allgemein nicht beantworten. Bezüglich der Eigenschaften des zur Anfertigung von Elektromagneten ausgewählten Eisens ist bekannt, dass hiezu nur das gleichförmigste, möglichst weiche und kohlenstofffreie tauglich ist; aber selbst in dem besten Zustande wird dasselbe nicht vollkommen entmagnetisirt, wenn um dasselbe einmal ein Strom während längerer Dauer circulirte. Es hört also die Anziehung von Elektromagnet und Anker beim Oeffnen der Kette nicht auf; jedoch kann dieselbe vermindert werden, wenn abwechselnd die Stromrichtung geändert und die Dauer der alternirenden Ströme nur kurze Zeit andauerte. Dieser zurückbleibende Magnetismus scheint mit der Stärke der Anziehung zuzunehmen; wenn wir also der obigen Bedingung gemäss die möglichst grösste Anziehung voraussetzen, so muss auch wieder andererseits dafür gesorgt werden, dass der beim Oeffnen der Kette zurückbleibende (permanente) Magnetismus nicht hindernd

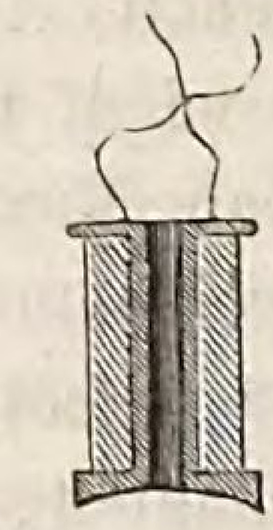
auf die Bewegung des Ankers einwirkt. Schon aus diesem Grunde darf daher eine unmittelbare Berührung zwischen Anker und Magnet nicht eintreten *, wofür durch Stellschrauben gesorgt wird, und ausserdem muss der Anker durch Einwirkung einer neuen Kraft von dem Magneten in seine Ruhelage rasch zurückgezogen werden. Bei Ankern aus weichem Eisen wird dieses durch die Spannkraft einer einerseits an dem Anker befestigten Spiralfeder bewerkstelliget, ist der Anker aber selbst ein Elektromagnet, so muss diese Wirkung durch Umkehrung der Pole, also durch Stromwechsel hervorgebracht werden. — In Beziehung auf die Anordnung der Magnete wollen wir vorläufig bloss cylindrische — gerade oder U förmig gebogene — betrachten, und für unsere jetzigen Zwecke die hierüber angestellten Untersuchungen als ausreichend annehmen. Vermöge dieser letzteren soll die Anziehung dem Durchmesser der Magnetkerne gerade proportional sein (jedoch scheint dieselbe in einem höheren Grade als in der ersten, und in einem geringeren als in der zweiten Potenz des Durchmessers zu wachsen); ferner scheint es, dass hohle Magnetkerne geringere Wirkung als massive zeigen, Drahtbündel aus weichem Eisen hingegen bei rasch auf einander folgenden Stromunterbrechungen am vortheilhaftesten seien. Ferner scheint angenommen werden zu dürfen, dass bei geraden Stäben die Anziehung zwar mit der Länge derselben, aber in weit geringerem Verhältnisse, als diese selbst wächst, dass hingegen dieselbe unter sonst gleichen Umständen bei Hufeisenmagneten von der Länge der Schenkel nicht abhängig ist, wenn letztere ihrer ganzen Länge nach von der Spirale umgeben werden; von der Weite des U förmigen Magneten oder der Distanz seiner Schenkel hängt aber die Anziehungskraft in keinem Falle ab. Im Allgemeinen aber möchte man vorläufig behaupten dürfen, dass bei gleicher magnetisirender Kraft die Anziehung der Masse des Elektromagneten innerhalb gewisser — noch nicht angegebener — Grenzen proportional und von der Gestalt desselben nicht unabhängig ist, und dass diese Anziehung mit der Masse des Ankers in geradem Verhältnisse wächst, dass ferner bei dem Maximum der Wirkung der Anker mit dem Magnet gleiche Berührungsfläche und nahezu gleiche Länge mit dieser bei geraden Magneten haben, seine Länge aber bei U förmigen Magneten nicht grösser als die Distanz der beiden Schenkel sein soll. Hingegen scheint als ausgemacht angesehen werden zu dürfen, dass bei geraden sowohl, als auch bei U förmigen Stäben die Anziehung dem Quadrate der magnetisirenden Stromstärke, für zwei Elektromagnete aber dem Quadrate der Summe der Stromstärken proportional ist [43]. — Verschiedene Anordnungen von Elektromagneten allein, sowie von solchen mit den zugehörigen Armaturen, wenn letztere mechanische Wirkungen hervorbringen sollen, sind nach den von du Moncel hierüber vorgenommenen Zusammenstellungen [44] in *Figg. 250* bis *252* (S. 530) in so weit dargestellt worden, als sie für den gegenwärtigen Abschnitt von Wichtigkeit sind. Einer besonderen Erläuterung bedürfen diese Abbildungen nicht. In *Fig. 250* haben wir im Allgemeinen einen

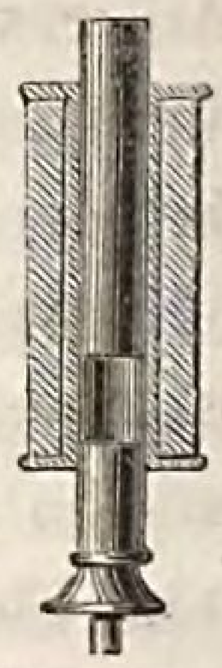
* Ein anderer Grund besteht nämlich, wie unten näher erläutert werden soll, darin, dass ein vollkommen geschlossener Elektromagnet auch nach dem Unterbrechen des Stromes während langer Dauer einen gewissen Antheil der anfänglich erlangten Tragkraft fast ungeschwächt beibehält.


Fig. 230.


Fig. 231.


Fig. 232.


Fig. 233.


Fig. 234.

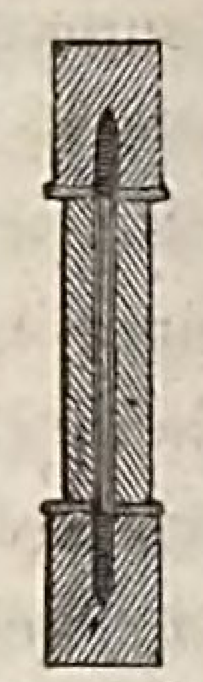
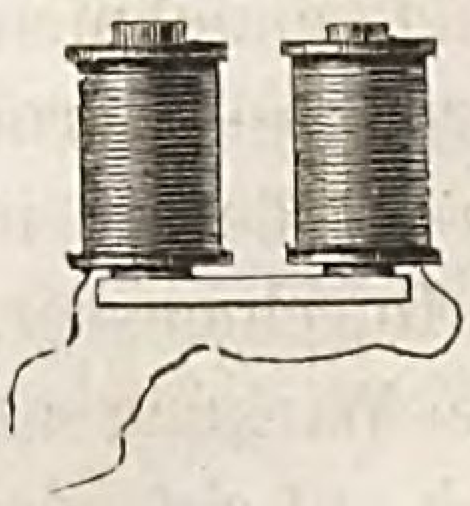
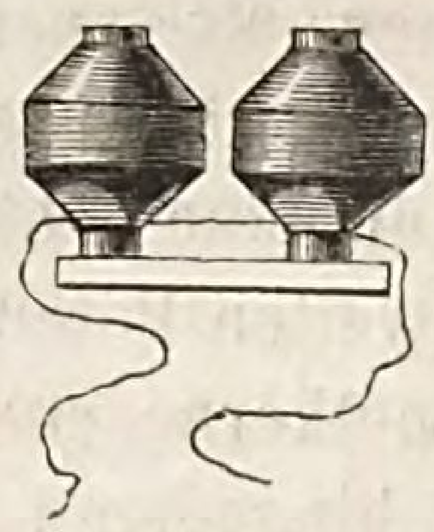

Fig. 235.


Fig. 236.


Fig. 237.


Fig. 238.

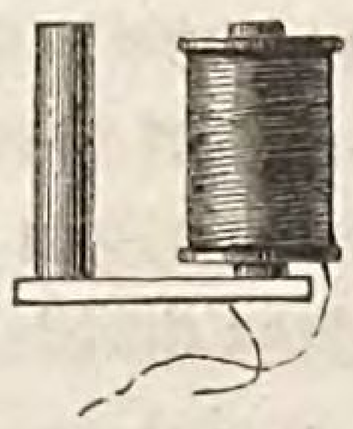
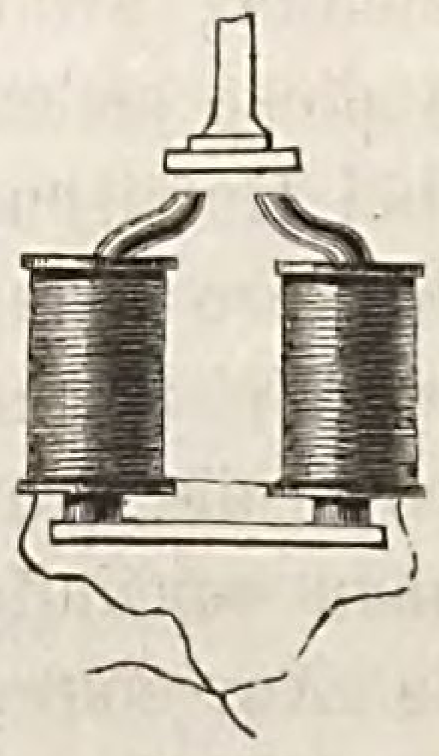
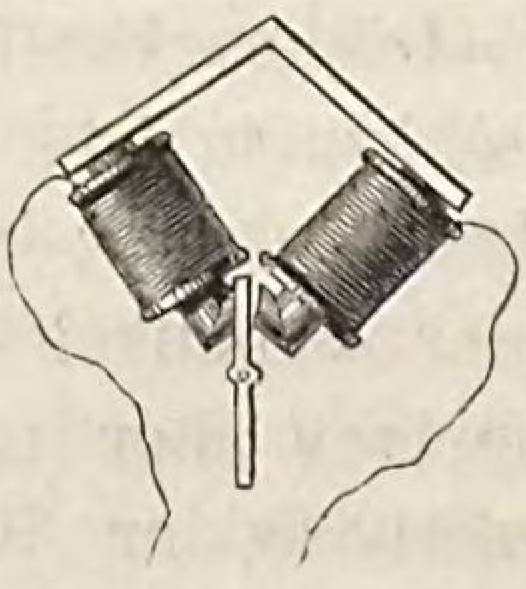

Fig. 239.


Fig. 240.


Fig. 241.


Fig. 242.


Fig. 243.

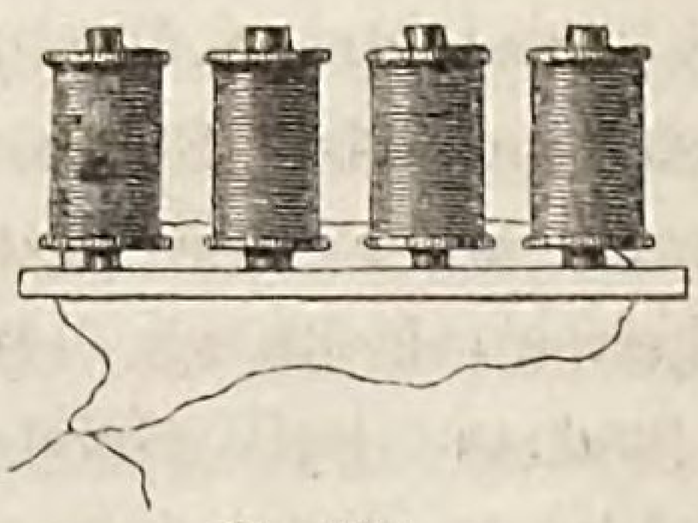
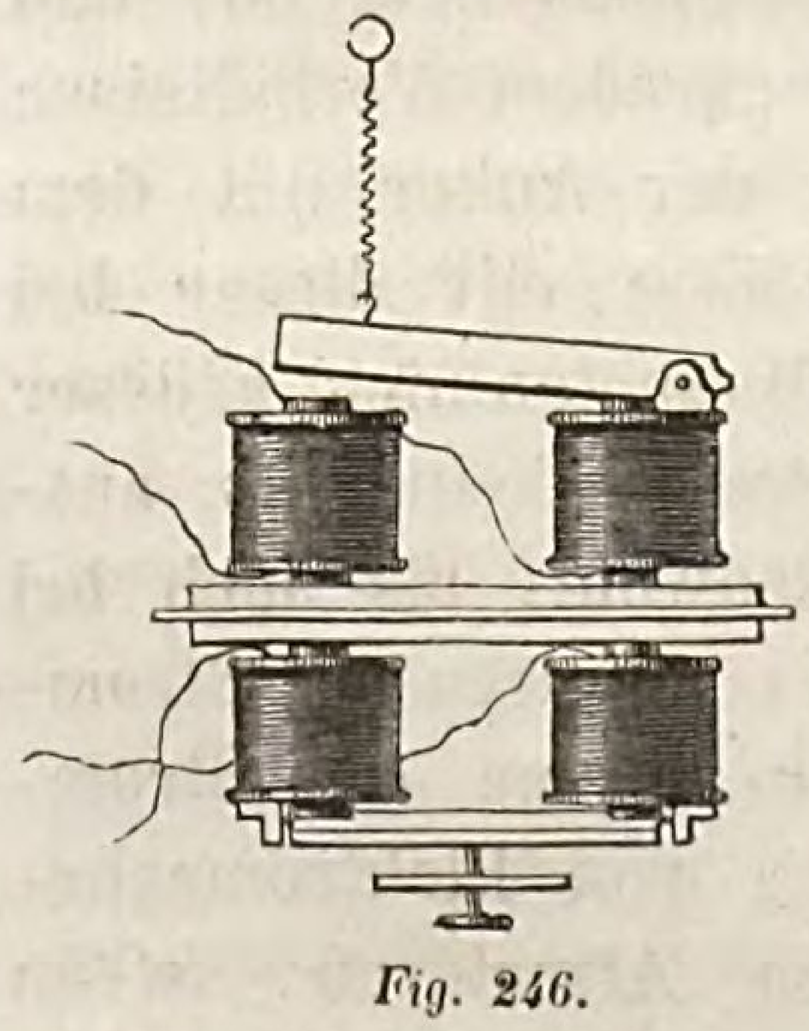
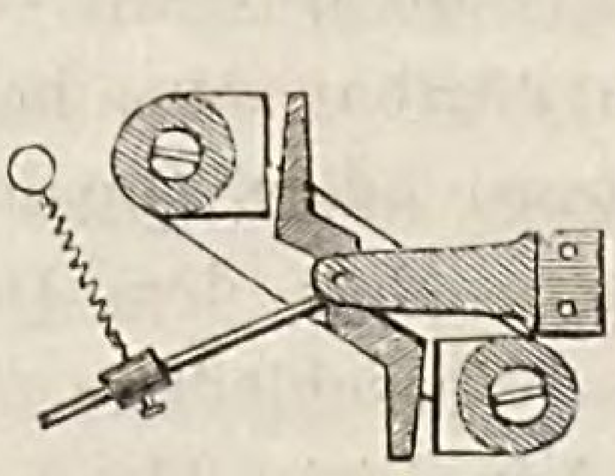
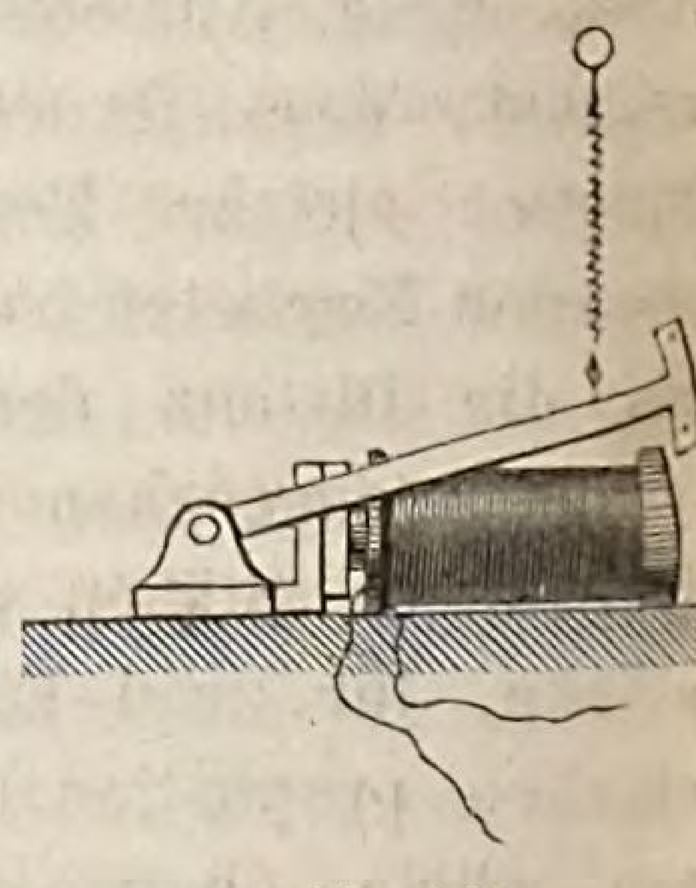
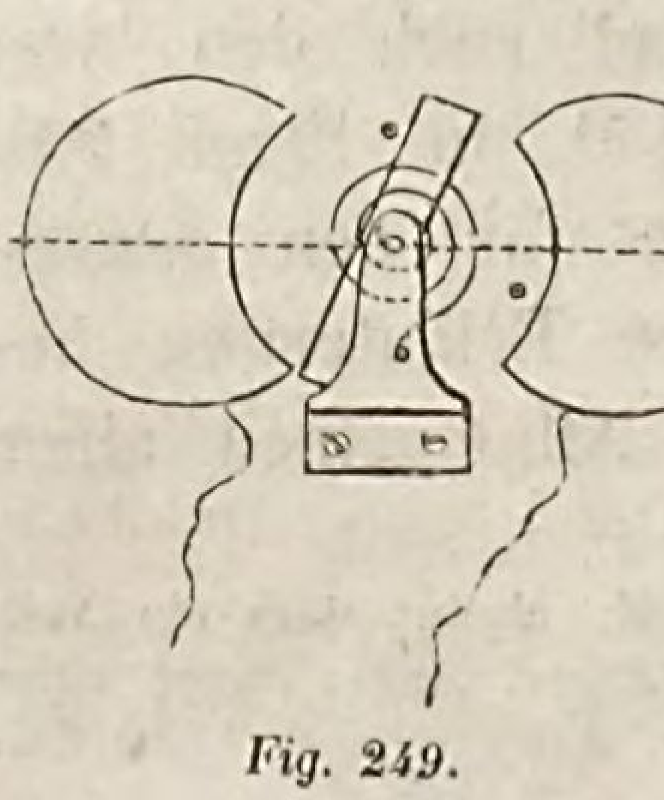

Fig. 244.

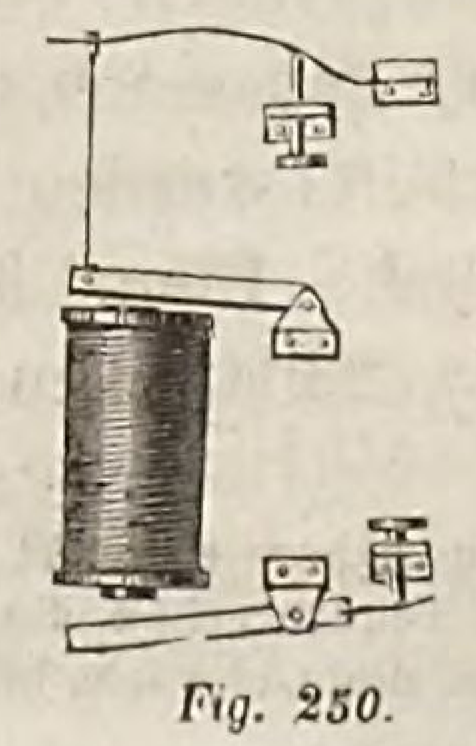

Fig. 245.


Fig. 246.


Fig. 247.


Fig. 248.


Fig. 249.


Fig. 250.

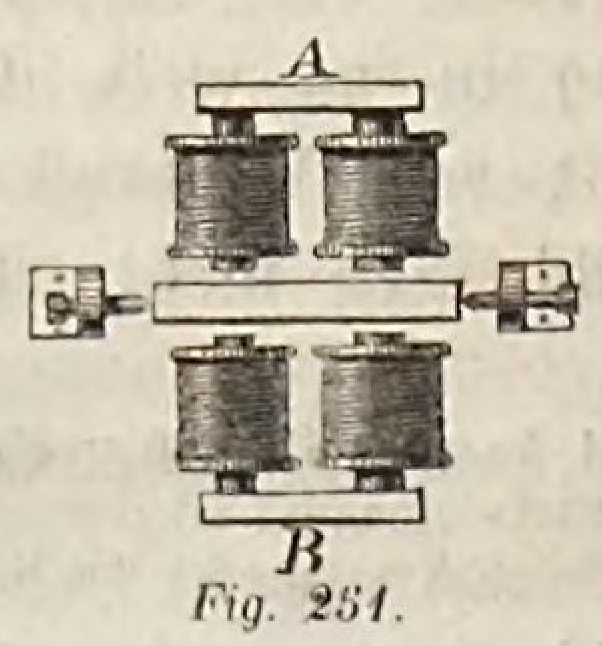


Fig. 251.


Fig. 252.

geraden Elektromagneten; *Fig. 231* zeigt eine Spirale zum Magnetisiren von Stahlstäben, wofür aber zweckmässiger die unten angegebene Vorrichtung benutzt wird; in *Fig. 232* und *233* ist der Elektromagnet ganz und gar von der Spirale umgeben; *Fig. 236* stellt einen U förmigen, *Fig. 237* zwei mit einander verbundene gerade Elektromagnete vor, an welchen die Windungen um beide Schenkel nach einem und demselben Sinne gehen, während die wie *Fig. 238* gewöhnlich bei magneto-elektrischen Inductoren benutzt werden. Die Anordnungen *Figg. 239—241* zeigen, wie bei einem geraden Elektromagnet die Anziehung verstärkt werden kann, *Fig. 244* stellt einen aus mehreren geraden Stäben zusammengesetzten verstärkten Elektromagneten dar. Die von Morse ursprünglich angewendete Form ist in *Fig. 242* angegeben; durch die übrigen Abbildungen ist die Ankerbewegung unter dem Einflusse der Abreissfeder dargestellt, wie sie bei den unten angeführten verschiedenartigen Telegraphenapparaten zur Anwendung kommen können, und wo die dabei sich bietenden Vortheile sich ohnehin ergeben werden. Auf andere Combinationen werden wir gelegentlich zurückkommen.

Durch die vorstehenden Betrachtungen über die magnetischen Wirkungen des Schliessungsleiters einer Volta'schen Kette sind wir nunmehr zur Kenntniss der Principien gelangt, auf welchen die Einrichtung aller elektro-magnetischen Telegraphen beruht. Die Oersted'sche Entdeckung, angewendet auf den von Schweigger zuerst construirten Multiplicator gibt uns unmittelbar die Mittel an die Hand, einen sogenannten Nadeltelegraphen zu construiren; die den Oersted'schen Entdeckungen unmittelbar auf dem Fusse gefolgte Erschliessung der Erscheinungen des Elektromagnetismus (über welche sogar schon geraume Zeit vorher von einem deutschen Physiker — Boeckmann — Vermuthungen aufgestellt worden sind) boten dann unter Anwendung zweckmässiger mechanischer Hülfsmittel Gelegenheit dar, den Elektromagneten als Motor leicht beweglicher Anker für die Telegraphie zu benutzen, und so entstanden nach und nach die Einrichtungen der Druck- und Zeigertelegraphen, die selbst gegenwärtig bezüglich ihrer mechanischen Anordnung den Grad ihrer grössten Vollkommenheit noch nicht erlangt haben. Diese Bemerkungen mögen einstweilen hier ihren Platz finden, um später, wenn wir von der sogenannten Erfindung der elektro-magnetischen Telegraphie zu sprechen Gelegenheit haben werden, in Anwendung gebracht werden zu können.

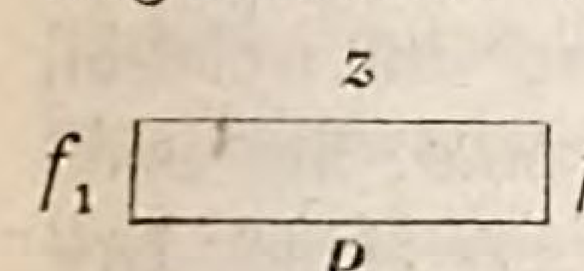
Chemische Wirkungen des hydro-elektrischen Stromes.

Bringt man einen chemisch zusammengesetzten Körper im wasserförmigen — überhaupt im leicht beweglichen, also im flüssigen — Zustande in dem Schliessungsleiter einer Kette so an, dass die Enden des festen Leiters in die Flüssigkeit eintauchen, so wird derselbe in seine Bestandtheile in der Weise zerlegt, dass — im Allgemeinen — einer der letzteren an dem einen, der andere an dem anderen Pole sich ausscheidet. Da bei jedem derartigen Vorgange eine Ueberführung der Bestandtheile von einem Pole zum anderen stattfindet, so wurde der Ausdruck „Pol“, der auf eine Anziehung oder Abstossung in unserem Falle hindeuten soll, von Faraday, der eine derartige

Wirksamkeit seinen Ansichten nicht zu Grunde legt, durch eine andere Benennung ersetzt, in Folge dessen auch die Terminologie der elektro-chemischen Vorgänge durch den genannten Physiker eine Aenderung erfuhr. Die Ein- und Austrittsstellen des Stromes wurden nämlich Elektroden (von ὁδος, der Weg) genannt, und zwar jene mit dem Namen positive Elektrode oder Anode (ανα, aufwärts), diese mit dem Namen negative Elektrode oder Kathode (κατα, abwärts), bezeichnet. Der an der Eintrittsstelle — dem positiven Pole — ausgeschiedene Körper wird das Anion, der an der Austrittsstelle — dem negativen Pole — erscheinende Körper aber das Kation, die bei der Zerlegung überhaupt ausgeschiedenen Bestandtheile werden die Jonen genannt, während der elektro-chemische Process mit dem Namen Elektrolyse, und jeder durch den Volta'schen Strom zerlegbare Körper mit dem Ausdrucke Elektrolyt (von λυω, auflösen) bezeichnet wurde.

Die chemischen Wirkungen in der Volta'schen Kette waren schon früher bekannt, als die Einwirkung der Stromeskraft auf chemisch zusammengesetzte Körper. Genaue Versuche hierüber wurden aber zuerst von Carlisle und Nicholson, welche die Zerlegung des Wassers im Kreise der Kette wahrgenommen hatten, vorgenommen [45] und von Davy, Simon, Lavoisier, Marechaux, Bucholz u. A. wurden die hierüber entstandenen Fragen beträchtlich erweitert. Zur chemischen Zerleguug durch den Volta'schen Strom ist vor allem nothwendig, dass die Stromeskraft von gehöriger Grösse ist, d. h. sie muss grösser sein, als die gegenseitige chemische Anziehung der auszuscheidenden Bestandtheile; ferner soll die Gegenwirkung anderer Molekularkräfte schon im Voraus auf ein Minimum gebracht sein, weshalb, wie bereits erwähnt, die zu zersetzenden Körper im wasserförmigen, resp. im aufgelösten Zustande sich befinden sollen; endlich erfolgt die chemische Zerlegung nur in Leitern der Elektricität, nicht aber innerhalb der sogenannten Isolatoren, und es darf sogar der Leitungswiderstand nicht gross sein, wenn der chemische Vorgang eintreten soll. — Die chemische Zerlegung lässt sich schon ohne Anwendung einer zusammengesetzten Kette in gut leitenden Substanzen wahrnehmbar machen. Legt man auf den Boden eines Glasgefässes eine Platin- oder Goldplatte, in Ermangelung derselben eine Silbermünze, oder benutzt man hiefür eine Schicht reines Quecksilber, die den Boden des Gefässes bedeckt, und giesst sodann sehr verdünnte Salzsäure, von welcher das Zink nur wenig afficirt wird, in das Gefäss, so kann man beim Eintauchen eines Zinkstückes in die Flüssigkeit eine Wirkung nicht wahrnehmen, so lange eine Berührung des Zinkes mit dem anderen Metalle nicht stattfindet. Taucht man aber das Zink so weit in das Gefäss ein, dass es das am Boden befindliche Metall berührt, so nimmt man sogleich die Ansammlung und das Aufsteigen von Wasserstoffbläschen wahr. Dieselben Erscheinungen zeigen sich, wenn von dem unteren Metalle aus ein kurzer und dicker Kupferdraht bis zum Zinke ausserhalb der Flüssigkeit geführt und das Zink nahe an das untere Metall gebracht wird; man wird sodann die an beiden Elektroden auftretenden Zersetzungen wahrnehmen können. Eine wahrnehmbare Zersetzung des reinen Wassers kann nur unter Anwendung einer zusammengesetzten Kette von hinreichendem Leitungs-

widerstande und starker elektromotorischer Kraft vorgenommen werden, hingegen lässt sich dieselbe — zwar nicht mit einer einfachen — unter Anwendung einer aus wenigen Elementen zusammengesetzten Kette vornehmen, wenn dem Wasser eine gut leitende Flüssigkeit, etwa Schwefelsäure, Salpetersäure etc. in geringer Quantität beigemischt wird. Doch lässt sich in manchen Fällen die chemische Wirkung einer Kette von geringer Stromstärke steigern, und es ist diess nach den Untersuchungen Poggendorff's möglich, wenn man die Zersetzung des Wassers oder einer Metalllösung zwischen leicht oxydirbaren Platten vornimmt [46]. Manche Verbindungen lassen sich durch sehr schwache elektrolytische Wirkungen schon in ihre Bestandtheile zerlegen, und befördern sogar die Wasserzersetzung, wenn sie in die Kette eingeschaltet werden. Ein in mannigfacher Weise belehrender, aus Faraday's älteren Untersuchungen bekannter und mehrfach abgeänderter Versuch möchte hier genannt werden dürfen. Legt man auf eine



Platinplatte P — nach beistehendem Schema — an beiden Enden Streifen von Löschpapier, befeuchtet f_1 mit verdünnter Schwefelsäure, f_2 mit Jodkalium, und verbindet beide durch ein Zinkstück z, so entwickelt sich bei f_1 an z der Sauerstoff, an P der Wasserstoff, hingegen wird von f_2 an P Jod, an z aber Kalium ausgeschieden. Derselbe Versuch aber abgeändert, zeigt, dass hier das Jod zwar den metallischen Contact zwischen Platin und Zink ersetzte, jedoch die Stromesrichtung abänderte. Wenn man nämlich den inneren Raum eines Glascylinders in der Mitte mittelst eines Korkes, durch welchen ein Platin- und ein Zinkstreifen isolirt von einander gesteckt werden, in zwei Zellen abtheilt, von denen die untere angesäuertes Wasser enthält, während in die obere Jodkaliumlösung gebracht wird, so wird derselbe Vorgang wahrgenommen. Verbindet man aber Zink und Platin metallisch mit einander, so erscheint jetzt das Jod am Zink. Zu den am leichtesten zersetzbaren Körpern gehören (S. 29 u. f.) Jodkalium, geschmolzenes Chlorsilber, geschmolzenes Zinnchlorür, geschmolzenes Chlorblei, geschmolzenes Jodblei etc. — Im Allgemeinen kann man annehmen, dass alle Lösungen und Flüssigkeiten, die den Strom einer Kette, wenn sie in diese eingeschaltet werden, nicht unterbrechen, auch durch die Stromeswirkung zerlegbar sind; es gibt jedoch solche Leiter, von welchen eine directe Zerlegung durch Einwirkung des Volta'schen Stromes bis jetzt noch nicht nachgewiesen worden ist.

Was die besonderen Gesetze betrifft, nach welchen die elektro-chemische Zerlegung erfolgt, so halten wir uns vorläufig an die aus den Untersuchungen Faraday's [47] hervorgehenden Resultate, denen wir einige die letzteren bestätigenden Untersuchungen anfügen, während ein weiteres Eingehen auf die Elektrochemie einem späteren Abschnitte vorbehalten werden muss. Bevor wir aber diese Resultate aufführen, ist nothwendig zu bemerken, dass für derartige Untersuchungen eigene chemische Rheoskope benutzt werden, welche das Ansammeln und Messen der durch elektrolytische Wirkungen ausgeschiedenen Bestandtheile vorzunehmen gestatten. Wir halten uns der Einfachheit halber

bloss an solche chemische Rheoskope, die zur elektro-chemischen Gewinnung gasförmiger Zersetzungsproducte benutzt werden, wie diess bei der Wasserzersetzung der Fall ist. Kömmt es bloss darauf an, die Gasentwickelung durch die z. B. in Wasser eingetauchten Elektroden wahrzunehmen, so ist hiezu kein eigener Apparat erforderlich; es reicht aus, die Drähte in die Flüssigkeit gemeinschaftlich eintauchen zu lassen (s. S. 179, *Fig. 89*), so dass die Elektroden nicht zu weit von einander abstehen. Will man aber die gewonnenen Gase ansammeln und dieselben messen, so sind hiezu eigene Vorrichtungen nothwendig, die unter dem Namen Wasserzersetzungsapparate in verschiedener Anordnung vorkommen, und die entweder so eingerichtet sind, dass beide Gase gemeinschaftlich in einem Messglase sich ansammeln, oder dass dieselben getrennt von einander in zwei nebeneinander befindlichen Zellen sich ansammeln können. Für den erstgenannten dieser Zwecke kann man einen calibrirten an einem Ende geschlossenen Messcylinder aus Glas benutzen, in welchen an zwei gegenüberstehenden Stellen Platindrähte eingeschmolzen sind, die nach Aussen hervorragen, nach Innen aber durch Platinplatten verlängert sind. Der — nach einer bestimmten Cubikeinheit — eingetheilte Messcylinder wird vor der Operation mit der zu zersetzenden Flüssigkeit gefüllt und hierauf in ein dieselbe Flüssigkeit haltendes Glasgefäss mittelst eines passenden Statives vertical gestellt. Verbindet man die äusseren Enden der Platindrähte mit den Polen der Kette, so geht die Zersetzung vor sich, die an den Elektroden entwickelten Gase sammeln sich am oberen geschlossenen Ende des Messcylinders an und verdrängen hiefür ein gleiches Volumen Flüssigkeit. — Sollen die beiden, etwa bei der Wasserzersetzung, erhaltenen Gase getrennt von einander aufgefangen werden, so benutzt man zwei derartige Zersetzungszellen in Form von Glasglöckchen, deren innere Räume in gleicher Weise in Theile der gleichen Volumeneinheit eingetheilt sind, wobei in jede der Glaszellen ein Platindraht eingeschmolzen ist, der nach Innen in ein Platinblech ausgeht und nach Aussen verlängert ist. Beide Glöckchen werden nach der Füllung mittelst eines geeigneten Statives in das gemeinschaftliche mit derselben Flüssigkeit gefüllte Gefäss gesetzt. (Die nähere Beschreibung der für diese Zwecke in Anwendung kommenden Apparate wird unten vorgenommen werden.)

Die aus Faraday's Untersuchungen hervorgehenden Gesetze lassen sich in Nachstehendem zusammenfassen:

1. Werden in den Schliessungsleiter einer Volta'schen Kette mehrere Wasserzersetzungsapparate so eingeschaltet, dass der Strom gleichzeitig und ohne Verzweigung durch alle Zellen circuliren muss, so werden in allen Zellen gleiche Quantitäten Wasser zersetzt. — Diese Quantitäten sind unabhängig von der Grösse der zugehörigen Elektroden.

2. Wird der Stromleiter an irgend einer Stelle verzweigt, so dass in die Zweigleitung sowohl, als auch in den unverzweigten Theil des Schliessungsleiters Wasserzersetzungsapparate eingeschaltet werden können, so ist — unter sonst gleichbleibenden Umständen — die Summe der in den Zweigleitern zersetzten Quantitäten so gross als die in dem unverzweigten Theile zerlegte Menge Wasser.

3. Die beim Durchgange des Volta'schen Stromes durch Lösungen vieler Substanzen ausgeschiedenen Bestandtheile werden nicht immer durch die Stromeswirkung, sondern oft durch einen secundären chemischen Process erzeugt, indem der Wasserstoff oder Sauerstoff des in Zersetzung begriffenen Wassers auf die aufgelösten Substanzen einwirkt. So z. B. reducirt in einer Kupfervitriollösung der durch die Stromeswirkung erhaltene Wasserstoff das Kupferoxyd, und es erscheint an der Kathode das metallische Kupfer; in einer Auflösung von schwefelsaurem Ammoniak verbindet sich der an der Anode frei werdende Sauerstoff mit dem Wasserstoff der Basis, und es kömmt an der Anode dafür der zurückbleibende Stickstoff zum Vorschein. Ueberhaupt wird durch die dazwischen tretenden chemischen Wirkungen der ausgeschiedenen Stoffe auf die Zersetzungsflüssigkeit, wenn diese eine Salzlösung ist, nicht selten die chemische Stromeswirkung durch jene maskirt. — Treten aber solche secundäre Wirkungen nicht auf, und findet eine zusammengesetzte Stromeswirkung in einer Lösung nicht statt, so sind die in einer solchen Lösung durch einen und denselben Strom zersetzten Quantitäten Wasser immer dieselben und stets unabhängig von dem Concentrationsgrade der Lösung. Diese sowie seine früheren Untersuchungen führten Faraday zur Aufstellung des Satzes: „Wird ein Wasserzersetzungsapparat in den Schliessungsleiter einer Kette eingeschaltet, so ist die Quantität der in einer bestimmten Zeit durch die Stromeswirkung zerlegten Quantität Wasser unter allen Umständen der durch jeden Querschnitt geflossenen Elektricitätsmenge, also der Stromstärke proportional.“ Der Wasserzersetzungsapparat kann daher, wenn von den durch die Einwirkung des Stromes erzeugten Gasen durch Nebenumstände, wie durch Absorption kein Verlust stattfindet, ferner anderweitige secundäre Wirkungen jene directen Einflüsse nicht abändern, ein Mittel abgeben, um die Stromstärke einer Kette mittelst dieses Apparates zu messen. Ein Apparat dieser Art, für diesen Zweck benutzt, wird ein Voltameter, oder Volta-Elektrometer, auch chemisches Rheometer genannt.

4. Sind in den Schliessungsleiter einer Volta'schen Kette ausser einem Voltameter noch andere Zersetzungszellen mit wasserförmigen Elektrolyten eingeschaltet, und diese sind wasserfrei, so stehen — vorausgesetzt, dass secundäre chemische Wirkungen nicht dabei stattfinden — die an den Anoden ausgeschiedenen Bestandtheile unter sich und mit der Quantität des ausgeschiedenen Sauerstoffes im Voltameter in demselben Verhältnisse, wie ihre chemischen Aequivalente; ebenso verhalten sich die an den Kathoden ausgeschiedenen Quantitäten ebenso zu einander und zu der gewonnenen Sauerstoffmenge, wie sich die zugehörigen chemischen Aequivalente verhalten.

5. Geht der Strom gleichzeitig durch den Wasserzersetzungsapparat und durch eine Zersetzungszelle, die eine wasserhaltige Auflösung eines Elektrolyten enthält, so wird sowohl dieser, als das Wasser zersetzt. Die Zersetzung geht zwar hiebei nicht unabhängig von dem Concentrationsgrade der Lösung vor sich, jedoch so, dass die an der Kathode frei gewordene Quantität des vom Elektrolyten ausgeschiedenen Bestandtheiles zu der Differenz der gewonnenen Wasserstoffquantitäten sich verhält, wie die chemischen Aequivalente sich zu einander verhalten.

6. Ganz ähnliche Wirkungen, wie sie in einem Voltameter oder überhaupt in einer Zersetzungszelle eintreten, finden bei der geschlossenen Volta'schen Kette in dieser selbst statt.

Die Faraday'schen Untersuchungen geben also zu erkennen, dass jedem Strome einer Volta'schen Kette eine ganz bestimmte chemische Kraft zukömmt, vermöge welcher von demselben bestimmte Quantitäten aus dem seiner Einwirkung unterworfenen Elektrolyten in ihre Bestandtheile zerlegt werden. Dieses Hauptgesetz, das der „festen elektrolytischen Action" genannt, ist durch viele anderweitige Untersuchungen bestätiget worden. Von den neuen über die Elektrolyse angestellten Forschungen wollen wir noch einige der von Daniell und Miller erhaltenen Resultate[48] hier vorführen, die sich auf die Elektrolyse secundärer Verbindungen beziehen. Die zur Erweiterung des elektrolytischen Gesetzes dienenden Resultate waren folgende:

a. Wenn wässerige Lösungen neutraler Metallsalze der Wirkung eines Volta'schen Stromes unterstellt werden, so werden sie beständig zersetzt. Gehört das Metall zu denen, die das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur nicht zersetzen, so wird es im metallischen Zustande auf die Kathode niedergeschlagen; gehört es aber zu den wasserzersetzenden Metallen, so erscheint sein Oxyd, nebst einer äquivalenten Menge Wasserstoff an derselben Elektrode. Zugleich wird an der Anode die Säure frei, begleitet von einer äquivalenten Menge Sauerstoff.

b. Vergleicht man die ausgeschiedenen Quantitäten mit denen eines zugleich in die Kette eingeschalteten Voltameters, so ergibt sich, dass ein gewisser Antheil der Kraft, welche ein einzelnes Aequivalent eines binären Elektrolyten in sein Anion und Kation zerlegt, die Zerlegung eines vollen Äquivalentes des Elektrolyten der zweiten Ordnung in ein einfaches metallisches Kation und in ein zusammengesetztes Anion bewirkt.

c. Bei Elektrolysirung wässeriger Lösungen von Ammoniaksalzen werden ähnliche Resultate erhalten; nur erscheint an der Kathode anstatt eines einfachen Metalles ein Aequivalent Ammoniak, begleitet von einem Aequivalent Wasserstoff.

d. Man ist anzunehmen berechtiget, dass bei der Elektrolyse complexer Elektrolyte (Verbindungen zweiter Ordnung) verschiedene Elemente unter dem Einflusse des Volta'schen Stromes gemeinschaftlich wandern, als zusammengesetzte Anionen und Kationen, oder als iso-elektrische Körper, d. h. als Gruppen, die in Bezug auf die elektrische Wirkung zu einander und zu einfachen Jonen äquivalent sind.

Mit Hülfe der im Vorstehenden aufgeführten Versuchsresultate ist man im Stande, die chemischen Vorgänge in einer jeden Volta'schen Kette zu beurtheilen. Man gelangt hiebei zu der sehr wichtigen Thatsache, dass durch die Stromeswirkung allein eine bestimmte Menge Zink verbraucht wird, die als Maass der Stromstärke dienen könnte, wenn anderweitige secundäre Einwirkungen dieselbe nicht veränderlich machen würde; ferner erkennt man, wie insbesondere in Ketten mit einer Flüssigkeit die chemischen Wirkungen als Hauptquelle der Veränderlichkeit dieser Ketten auftreten.

Die Untersuchungen von Weber, Bunsen, Buff, Casselmann u. A. haben sehr werthvolle Belege für das genannte elektrolytische Gesetz geliefert. Wenn man nämlich in eine Volta'sche Kette nach und nach zunehmend grosse Widerstände einschaltet, so wird bekanntlich der Strom immer mehr geschwächt, und man ist so im Stande, mittelst einer und derselben Kette verschieden starke Ströme zu erzeugen und unter sich zu vergleichen. Lässt man nun unter Benutzung verschiedener Widerstände durch die hiedurch modificirten Ströme nach und nach in einem Voltameter die Wasserzersetzung während eines bestimmten Zeitintervalles t vor sich gehen, während man mittelst einer gleichzeitig eingeschalteten Tangenterboussole jedesmal die mittlere Stromstärke nach absolutem Maasse (S. 520) bestimmt, so wird, wenn diese für verschiedene Beobachtungen die Werthe S_1, S_2, S_3 etc. ergeben hat, denen die Quantitäten der resp. zersetzten Wasserquantitäten q_1, q_2, q_3 etc. angehören,

$$\frac{q_1}{t.\, S_1} = \frac{q_2}{t.\, S_2} = \frac{q_3}{t.\, S_3} = \text{etc. etc.} = c$$

sein müssen, wobei c eine Constante und zwar die durch die Stromeseinheit in der Zeiteinheit zersetzte Wasserquantität ausdrückt. Diese Constante heisst das elektro-chemische Aequivalent des Wassers. Aus einer Reihe von Versuchen, die Casselmann [49] auf diese Art mit Wasser und wässerigen Lösungen ausführte, ergaben sich sehr gut übereinstimmende Resultate, deren mittlerer Werth die Grösse 0,009371 ergab, während Weber aus wenigen Versuchen die Zahl 0,009376 in Milligrammen ausgedrückt erhielt. Kennt man also die Quantität Wasser, die durch einen Strom innerhalb der Zeiteinheit zersetzt wird, und multiplicirt dieselbe durch das elektro-chemische Aequivalent, so kann man die Stromstärke auf ein absolutes Maass zurückführen.

Aus den vorstehenden Erörterungen ist ersichtlich, dass das Voltameter nicht bloss zur Messung und Vergleichung der Stromstärken benutzt werden kann, sondern dass man auch im Stande ist, aus den Angaben der magnetischen Rheometer die chemische Kraft des Stromes zu berechnen, wenn man jedes derartige Rheometer mittelst einer genauen Versuchsreihe in gehöriger Weise graduirt. Wenn man z. B. die Angaben einer Tangentenboussole in chemisches Maass verwandeln will, so schalte man unter allmähliger Abänderung des Widerstandes des Schliessungsleiters in der Kette nebst dem Voltameter die Tangentenboussole ein und ermittele die gleichzeitigen Angaben beider Instrumente. Sind die elektro-chemischen Wirkungen ohne secundäre Einflüsse vor sich gegangen, so muss der Quotient aus der Quantität des zersetzten Wassers (resp. aus dem Volumen der dabei erhaltenen Gasmenge) dividirt durch die Tangente des Ablenkungswinkels der Tangentenboussole für die ganze Versuchsreihe eine constante oder unveränderliche Grösse sein, die für dasselbe magnetische Rheometer bezogen auf das Voltameter mit unveränderlicher Anordnung immer denselben Werth beibehält. Hat diese Constante den Werth m, so wird unter Anwendung derselben Tangentenboussole in jedem anderen Falle die

dem Ablenkungswinkel α entsprechende Stromstärke S ausgedrückt werden können durch

$$S = m \operatorname{tg} \alpha.$$

Bei der Anwendung des Wasserzersetzungsapparates als Strommesser hat man entweder das Gewicht der in der Zeiteinheit — etwa in einer Minute — zersetzten Wassermenge mittelst der Waage zu bestimmen, und in diesem Falle bedeutet m die Grösse dieses Gewichtes, ausgedrückt in bekannten Gewichtseinheiten, z. B. in Milligrammen, oder in Gran; oder man misst an dem nach Theilen von gleichem Volumen graduirten Voltameter die in beiden Zellen ausgeschiedenen Wasserstoff- und Sauerstoff-Volumina. Obgleich die erste dieser Methoden die genauesten und von Nebenumständen im Allgemeinen unabhängigen Resultate liefert, so kann man dennoch dieselbe für praktische Zwecke nicht immer anwenden, weil das genaue Wägen nicht bloss eine bedeutende Uebung erfordert, sondern auch, weil dasselbe zu zeitraubend ist, und ausserdem zur Messung der Stromstärken nebst dem Voltameter noch ein weiteres Instrument, nämlich eine genaue Waage erforderlich wäre. Durch Anwendung der Waage würden daher die Operationen wieder complicirt und die Benutzung des Voltameters für rein praktische Zwecke jedenfalls in Frage gestellt werden müssen. Man begnügt sich daher, wie diess bereits in sehr vortheilhafter Weise von Jacobi, Buff, Müller u. A. geschehen ist, gewöhnlich mit der Anwendung der zweiten Messungsmethode. In diesem Falle ist es aber unumgänglich nothwendig, noch andere Elemente während der Versuche zu messen; man muss nämlich vor allem die Höhe der Wassersäule, die jedes der Gase im Augenblicke der Ablesung absperrt, kennen, ferner muss man die Temperatur der Zersetzungsflüssigkeit, so wie den herrschenden Luftdruck während der Versuche beobachten, und sodann das in der Zeiteinheit erhaltene Gasvolumen auf eine Normaltemperatur, sowie auf einen normalen Barometerstand reduciren. Als Normaltemperatur nimmt man gewöhnlich die an, bei welcher Eis oder Schnee in den wasserförmigen Zustand übergeht, also 0° R., oder 0° C. oder 32° F., je nachdem das Thermometer nach einer dieser Scalen graduirt ist, während beziehungsweise als normaler Barometerstand entweder 336‴, oder 760$^{\text{mm}}$ oder 30 engl. Zoll genommen wird. Für die gebräuchlichsten Maasseinheiten haben wir unten [50] alle Hülfsmittel angegeben, um derartige Gasvolumen-Messungen leicht ausführen zu können, weshalb hier bloss bemerkt wird, dass, wenn unter Anwendung der zweiten Methode in der Zeiteinheit das Gasvolum v ausgeschieden worden ist, die beobachtete Temperatur t, der Barometerstand b und die Höhe der Wassersäule ausgedrückt in Quecksilberdruck gleich f gefunden wurde, als normaler Barometerstand die Grösse B angenommen wird, und b den auf 0° R. etc. etc. reducirten Luftdruck bedeutet, für die Constante m der Ausdruck:

$$m = \frac{(b-f)\,v}{B\,(1+\alpha t)} = \frac{b-f}{B}\,(1-\alpha t)\,v$$

genommen werden muss. (Für die unten angegebenen Tabellen ist nur das Metermaass, so wie das 100 theilige Thermometer benutzt worden [50].) —

Nachdem wir nunmehr am Schlusse unserer Betrachtungen über die chemischen Wirkungen des Volta'schen Stromes, in so weit dieselben für den vorliegenden Abschnitt von Wichtigkeit erscheinen, uns befinden, ist es nothwendig, noch auf einen Umstand aufmerksam zu machen, welcher mit den chemischen Wirkungen in innigem Zusammenhang zu stehen scheint, und dessen Einfluss auf die Wirksamkeit der Volta'schen Ketten sowohl, als auch überhaupt auf die Stromstärke nicht übersehen werden kann, wenn der Schliessungsleiter theils aus metallischen Leitern, theils aus Flüssigkeiten besteht. Das neue Element, welches hier wenigstens in Erwähnung kommen muss, ist die sogenannte Volta'sche Polarisation.

Die Polarisationserscheinungen innerhalb Volta'scher Ketten sind, jedoch unter anderem Namen, schon seit langer Zeit bekannt [51]. So wusste man, dass wenn ein Metall längere Zeit als negativer Elektromotor in einer Kette benutzt wird, dasselbe einen höheren Rang in der Spannungsweite (s. S. 365) nunmehr bloss in Folge der galvanischen Thätigkeit annimmt als vorher. Am einfachsten lässt sich diess nachweisen, wenn man von zwei vollkommen gereinigten und unter sich ganz gleichartigen Kupferplatten *A* und *B*, die eine *A* mit einer Zinkplatte *C* zu einer einfachen Kette vereiniget, indem man z. B. *A* und *C* getrennt von einander in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Gefäss setzt und beide Metalle durch einen Multiplicator (S. 514) schliesst; man wird sodann eine Ablenkung der Nadel des letzteren wahrnehmen. Oeffnet man hierauf die Kette und ersetzt möglichst schnell die Platte *C* durch *B*, so kann man bei abermaligem Schliessen durch den Multiplicator wieder eine Ablenkung der Nadel, jedoch in entgegengesetztem Sinne, wie vorher, wahrnehmen; diese Ablenkung kann sogar von derselben Grösse, wie vorher, werden, wenn die Distanz beider Platten in der Flüssigkeit nicht gross ist. Aehnlichen Erfolg erhält man, wenn man Platin, Gold, Silber etc. statt Kupfer benutzt. Dieses eigenthümliche Verhalten, welches der negative Elektromotor einer Kette nach längerem Schliessen der letzteren annimmt, bezeichnete man mit dem Namen Ladung. Ganz ähnliche sogenannte Ladungsphänomene wurden schon vor langer Zeit an den Elektroden eines Wasserzersetzungsapparates wahrgenommen. Benutzt man nämlich ein Voltameter der oben (S. 534) beschriebenen Art und lässt mittelst Einwirkung einer zusammengesetzten Kette die Wasserzersetzung vor sich gehen, hebt sodann nach kurzer Zeit diese auf und schaltet mit möglichst grosser Schnelligkeit, während die Volta'sche Kette aus dem Schliessungsbogen entfernt wird, anstatt der letzteren einen empfindlichen Multiplicator ein, so wird man wahrnehmen, dass von der Kathode gegen die Anode nunmehr in dem neuen Schliessungsbogen ein Strom circulirt, dass also die beiden Platinbleche (oder Drähte), die als Elektroden dienten, in elektrischer Beziehung nicht mehr gleichartig sich verhalten, sondern unter sich selbst als verschiedenartige Leiter erster Ordnung auftreten. Obgleich man bald erkannte, dass von einer Ladung im eigentlichen Sinne bei diesen Vorgängen nicht die Rede sein kann, sondern dass hier eine der ursprünglichen entgegengesetzte Stromeswirkung zu Stande kömmt, so behielt man dennoch lange Zeit hindurch diese unklare Vorstellung bei, ohne sie mit einer anderen, ganz ähnlichen Ursprunges,

zu verbinden. Eine andere Erscheinung dieser Art bildet nämlich das sogenannte Wogen einer in Thätigkeit befindlichen Volta'schen Kette. Schliesst man nämlich eine Kette, so kann man am Anfange ein Zunehmen, hierauf wieder ein Abnehmen der Stromstärke wahrnehmen, während bei abwechselndem Schliessen und Oeffnen, das in unmittelbarer Aufeinanderfolge vorgenommen wird, eine solche Veränderlichkeit der Stromstärke nicht in dem Grade auftritt, als wenn die Kette längere Zeit geschlossen bleibt, und diese Veränderlichkeit sogar wegfällt, wenn man in unmittelbarer Aufeinanderfolge einen beständigen Stromwechsel vornimmt. In jedem Falle bemerkte man bei derartigen Versuchen, dass nach längerem Oeffnen der Kette die Stromstärke wieder ihre frühere Grösse annahm. Um diese Erscheinung zu erklären und dieselbe in Rechnung bringen zu können, nahm Fechner an, dass der Strom beim Eintritte aus festen Leitern in flüssige und umgekehrt einen Widerstand erfahre, vermöge welchem die eigentliche Stromstärke eine Verminderung erleidet. Dieses neue Element, Widerstand des Ueberganges genannt, wurde daher auch als Summand zum inneren Widerstand der Kette gesetzt und seine Grösse näher zu bestimmen gesucht, indem man, um die Ohm'sche Formel dieser Anschauungsweise anzupassen, den Widerstand des Ueberganges in diese einführte. Da aber auch die sogenannten Ladungsphänomene eine Schwächung des Stromes der Kette bewerkstelligen, so suchte man der Einwirkung der letzteren ausserdem noch dadurch Rechnung zu tragen, dass man dieselbe als eine der elektrischen Kraft der Kette entgegenwirkende betrachtete, und jene als einen Theil der letzteren in dem Zähler der Ohm'schen Formel als Subtrahend berücksichtigte. Diese Vorstellungsweise von den genannten Erscheinungen, so wie überhaupt ihre Verschiedenheit wurde durch anderweitige Untersuchungen, insbesondere durch die von Ohm selbst schon früher gegebenen Erörterungen wesentlich modificirt. Vermöge dieser neuen Vorstellungsweise reicht die Annahme der Vorgänge, welche man mit dem Namen Volta'sche Polarisation bezeichnet, vollkommen aus, um alle Erscheinungen innerhalb des Schliessungsbogens einer Volta'schen Kette, in deren Schliessungsleiter wasserförmige Körper eingeschaltet sich befinden, vollständig zu erklären. Ueber das Wesen der Polarisationserscheinungen hat meines Wissens zuerst Schönbein eine genügende Erklärung gegeben [52]. Man erkannte nämlich schon vermöge der oben erwähnten Erscheinungen, dass die chemische Wirkung des Stromes eine Oberflächenänderung der innerhalb des Schliessungsbogens in Flüssigkeiten eintauchenden Elektroden zur Folge habe, vermöge welcher zwei sonst unter sich gleichartige Elektroden ein ganz verschiedenes chemisches Verhalten zeigen, sobald dieselben kürzere oder längere Zeit der Stromeswirkung unterliegen. Indem nun Schönbein die Einwirkung von Gasatmosphären auf feste Leiter näher untersuchte, zeigte sich, dass die auf diese Weise zu Stande gekommenen Modificationen die eigentliche Polarisation ausmachen. Aehnliche Modificationen an Flüssigkeiten, wenn diese gasförmige Producte während der Volta'schen Wirkungen absorbiren, wurden ebenfalls von Schönbein nachgewiesen. Aus Schönbein's Untersuchungen über die Polarisation fester und wasserförmiger Körper geht nämlich vor allem hervor, dass, wenn zwei unter sich gleiche und homogene Metall-

platten, von denen die eine vollkommen blank, die andere aber mit einer Gasschichte überzogen ist, diese beiden Platten nunmehr verschiedene Stellen in der Spannungsreihe einnehmen. So wird z. B. Platin, in Wasserstoffgas getaucht, positiv, in Chlorgas hingegen negativ polarisirt. Ein solches Plattenpaar gibt daher, gemeinschaftlich in angesäuertes Wasser gestellt, eine Volta'sche Kette; jedoch kann beim Schliessen der Kette nur in den Fällen ein Strom wahrgenommen werden, wenn gleichzeitig die Umstände von der Art sind, dass auch elektrolytische Wirkungen zu Stande kommen können. Ganz ähnliches Verhalten zeigen auch die wasserförmigen Flüssigkeiten. Bringt man nämlich in eine U förmige Röhre eine Flüssigkeit, so wird, wenn die in einem Schenkel befindliche ein Gas absorbirt enthält, diese ein anderes elektromotorisches Verhalten zeigen, wie jene; denn zwei vollkommen gleiche Metallplatten, in die beiden Schenkel getaucht und ausserhalb der Flüssigkeit mittelst eines Galvanometers geschlossen, liefern ein Volta'sches Element, dessen Strom aus der Ablenkung der Nadel wahrgenommen wird. — Die Polarisation tritt also in der Kette unter den genannten Umständen als elektrische (oder elektromotorische) Gegenkraft auf, um welche — nach der gewöhnlichen Annahme — während der ganzen Dauer der Stromeswirkung die primitive Kraft der Kette vermindert wird. Sie wird daher in Rechnung gebracht, indem man ihre Grösse von der elektrischen Kraft der Kette abzieht. Wenn daher e die Stärke der Polarisation ausdrückt, so hat man bei einer aus n zu m fachen Ketten zusammengesetzten Säule (Gleich. V), S. 379) für die Stromstärke:

$$S = \frac{mnE - e}{mw + nz}.$$

Die ersten Versuche zur experimentellen Begründung dieser Ansicht wurden von Daniell und Wheatstone vorgenommen [53]. Zu dem Ende wurden unter Benutzung der Daniell'schen Kette verschiedene Combinationen vorgenommen, indem jedesmal zwei zusammengesetzte Ketten untersucht und unter einander verglichen wurden, deren Gesammtwiderstand derselbe, die elektrische Kraft aber verschieden war. Wenn man z. B. eine Kette aus fünf einfachen bildete, so war — ohne Benutzung eines Voltameters und ohne Berücksichtigung der Polarisation — die Stromstärke

$$s_1 = \frac{5E}{5z + w},$$

hingegen unter Berücksichtigung der Polarisation erhält man

$$'s_1 = \frac{5E - e}{5z + w}.$$

Combinirt man aber 10 derartige Zellen, von denen jede die doppelte Oberfläche wie im vorhergehenden Falle hat, so erhält man für die Stromstärke

$$s_2 = \frac{10E}{5z + w},$$

hingegen mit Berücksichtigung der Polarisation

$$'s_2 = \frac{10E - e}{5z + w},$$

vorausgesetzt, dass es angeht, die Polarisation in der genannten Weise in Rechnung zu bringen. Da für die ersten Fälle

$$s_1 : s_2 = 1 : 2$$

war, so musste $\frac{'s_2}{'s_1}$ von 2 verschieden sein. Da aber diese Verhältnisse sich nur auf die der elektrischen Kräfte beziehen, so war man mittelst derartiger Untersuchungen im Stande, nicht bloss die zweite Ansicht experimentell zu prüfen, sondern auch die Grösse der Polarisation selbst zu bestimmen. Weiteres Detail über dieses Verfahren werden wir unten mittheilen. — Sehr einfache Mittel, um das Studium der Polarisationserscheinungen zu erleichtern, wurden von Poggendorff [54] angegeben. Unter Anwendung einer geeigneten Methode und mit Benutzung der Poggendorff'schen Wippen war es bei späteren Untersuchungen möglich geworden, die Grösse der Polarisation unmittelbar mit der elektromotorischen Kraft einer Gaskette, die aus polarischen Elektroden gebildet wurde, zu vergleichen. Es hat sich dabei, namentlich durch die Versuche von Beetz [55] herausgestellt, dass die Polarisation eines Metalles in einer Gasart gleich der elektrischen Kraft in dieser ist, wenn keine secundären Processe stattfinden. Diese Thatsache kann also als eine weitere Bestätigung der obigen Ansicht angesehen werden.

Was nun die Umstände betrifft, von denen die Grösse der Polarisation im Allgemeinen abhängig ist, so ist bis jetzt als mehr oder weniger ausgemacht anzusehen, dass diese Gegenkraft der Kette sehr rasch dem Eintritte des Stromes folgt, dass dieselbe von der Stromstärke, sowie von der Grösse der Elektroden bis zu einer gewissen Grenze unabhängig zu sein scheint, dass ihre Stärke aber wesentlich von der Natur der Elektroden, sowie von der Oberflächenbeschaffenheit der letzteren sowohl, als auch von der mit den Elektroden in Berührung stehenden Flüssigkeit abhängt, und dass jene mit erhöhter Temperatur der Zersetzungsflüssigkeiten abnimmt, und überhaupt durch Temperaturerhöhung auf ein Minimum gebracht werden kann. Die durch Polarisation an den Elektroden erzeugte chemische Verschiedenheit kann durch Erhitzung der letzteren wieder aufgehoben werden.

§. 90. Ueber die Untersuchung Volta'scher Ketten.

In einer jeden Volta'schen Kette sind es — abgesehen von secundären Einwirkungen — nur drei Elemente, welche über die Stromstärke, also auch über die durch die Kette hervorgebrachten Wirkungen, bestimmte Aufschlüsse ertheilen, und durch welche die Stromstärke vollkommen bestimmt ist. Von diesen drei Elementen sind für eine und dieselbe Kette immer zwei als constant anzusehen, und diese sind die elektrische Kraft und der innere oder wesentliche Widerstand der Kette, während das dritte Element, nämlich die reducirte Länge des Schliessungsleiters, die man auch

den ausserwesentlichen oder äusseren Widerstand der Kette nennt, nach Willkühr abgeändert, und sowohl den beabsichtigten Versuchen, als auch den durch den Strom zu erzeugenden Wirkungen entweder angepasst werden kann, oder durch diese selbst bestimmt wird. Die Kenntniss dieser drei Elemente ist daher zur Beurtheilung der Stromeswirkungen sowohl, als auch zur Erörterung aller in der geschlossenen Kette auftretenden Vorgänge unumgänglich zu wissen nothwendig; es sollen daher die Verfahrungsweisen, wie sie für technische Zwecke ausgeführt werden können, hier in so weit in Betracht kommen, als dieselben zum Verständnisse der unten folgenden Besprechungen und Anwendungen als nothwendig erscheinen. Von der Vergleichung äusserer Leitungswiderstände war zwar schon oben (S. 179 u. f.; ferner S. 395 u. f.) die Rede, allein dort handelte es sich darum, bloss einige für die betreffenden Zwecke bestimmte Fragen zu beantworten, während unsere vorliegende Aufgabe eine vollständigere Erörterung dieses Gegenstandes als nothwendig erscheinen lässt.

Ueber die Stromstärke in verzweigten Leitern.

Ehe wir auf die hier angezeigten Betrachtungen eingehen, ist es nothwendig, noch auf einen Umstand Rücksicht zu nehmen, für welchen bis jetzt noch keine Gelegenheit zur Betrachtung sich dargeboten hat. Wir haben nämlich bis jetzt immer angenommen, die Endpunkte (oder die sogenannten Pole) der Kette werden entweder durch einen einzigen Schliessungsleiter unter sich verbunden, oder mehrere in die Kette eingeschaltete Leiter werden in unmittelbar aufeinanderfolgender, metallisch zusammenhängender Weise so unter sich verbunden, dass der Strom nach und nach in allen Leitern entstehen muss. Dieser Fall ist allerdings der am häufigsten vorkommende. Die Umstände können es aber auch nothwendig machen, an irgend einer Stelle der Kette nach mehreren Gegenden hin verzweigte Leiter oder sogenannte Nebenschliessungen anzubringen, so dass in allen diesen Zweigen die Stromeswirkung gleichzeitig eintritt, und es könnte unter Anderem dann die Frage entstehen, welchen Antheil des Hauptstromes jedes Zweigstück dabei empfängt. Derlei Verzweigungen können sogar in manchen Fällen an mehr als zwei Stellen entweder angeordnet werden müssen, oder es können durch besondere Umstände sogar derartige Verzweigungen ohne eigens hiefür gemachte Anordnungen auftreten; auch hier können dann ähnliche Fragen bezüglich der dabei auftretenden Zweigströme, oder resp. der etwa hiedurch herbeigeführten Stromverluste aufgeworfen werden. Es ist nicht beabsichtiget, die hier angeregte Aufgabe in ihrer allgemeinsten Form zu lösen, sondern es soll nur gezeigt werden, wie man im Allgemeinen bei der Erörterung specieller hieher gehöriger Fragen zu verfahren hat. Vor allem soll daher der Fall behandelt werden, in welchem von den beiden Endpunkten der Kette aus die Verzweigungen gehen, und zwar sollen zunächst zwei derartige Abzweigungen angenommen werden.

Nehmen wir daher an, die beiden Pole einer Volta'schen Kette seien durch zwei Leiter mit einander verbunden, von denen jeder einen Apparat eingeschaltet enthalten kann, um mittelst des durch ihn gehenden Stromes in

letzterem eine Wirkung hervorzubringen. Die reducirten Längen (oder die Leitungswiderstände) dieser beiden Drähte seien r_1 und r_0, die Stromstärken, wenn die Kette durch dieselben geschlossen wird, seien s_1 und s_0, während der diesen Drähten bezüglich der Leitungswiderstände äquivalente einfache Schliessungsleiter den Leitungswiderstand r darbieten soll. Man hat dann für die Stromstärke in diesem (s. S. 379):

$$S = \frac{E}{z + r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1).$$

Um nun die Beziehung zwischen r, r_1 und r_0 zu finden, könnten wir zwar von den aus der Entwickelung des Ohm'schen Gesetzes unmittelbar folgenden Grundgesetzen ausgehen (wie sie im Art. 28 d. „Galvan. Kette" von Ohm aufgestellt worden sind), da wir aber jene Entwickelung hier nicht vorgeführt haben, so dürfte es nicht überflüssig sein, eine einfache Erläuterung für die Grundlage der Theilungsgesetze zu geben. Bekanntlich kann man den Widerstand w eines Leiters von der Länge l und dem specifischen Leitungswiderstande λ (nach Gleich. II, S. 378) ausdrücken durch

$$w = \frac{\lambda l}{q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2),$$

wenn q den Querschnitt des Leiters bedeutet. Da hieraus $q = \frac{\lambda l}{w}$ ist, so ersieht man also, dass jeder Leiter vom Widerstande w durch einen anderen von der Länge l und dem specifischen Leitungswiderstande λ ersetzt werden kann, wenn q den oben angegebenen Werth erhält. Denken wir uns daher die Drähte, deren Leitungswiderstände r_1, r_0 und r sein sollen, durch gleich lange Leiter aus einem und demselben Materiale ersetzt, und zwar sei die gemeinschaftliche Länge derselben gleich l, der specifische Leitungswiderstand λ, während die Querschnitte dieser drei Leiter mit q_1, q_0 und q bezeichnet sein sollen, so hat man offenbar wegen Gleich. 2):

$$q_1 = \frac{\lambda l}{r_1}; \; q_0 = \frac{\lambda l}{r_0} \text{ und } q = \frac{\lambda l}{q}.$$

Soll aber der einfache Leiter vom Widerstande r den beiden anderen Leitern äquivalent sein, so muss die Bedingung stattfinden:

$$q_1 + q_0 = q,$$

sohin ist

$$\frac{1}{r_0} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_0} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \mathrm{I}).$$

Hieraus geht also hervor, dass das Leitungsvermögen des einfachen Drahtes der Summe der Leitungsfähigkeiten der beiden Zweigdrähte gleich sein muss.

Setzt man den hieraus für r sich ergebenden Werth in Gleich. I), so hat man für die Grösse des Hauptstromes:

$$S = \frac{E\,(r_1 + r_0)}{z\,(r_1 + r_0) + r_1\, r_0} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \mathrm{II}).$$

Da aber — unter sonst gleichbleibenden Umständen — in jedem der Zweige eine seinem Widerstande entsprechende Stromstärke stattfinden muss, so hat man

$$s_1 : S = \frac{1}{r_1} : \frac{1}{r},$$

oder

$$s_1 = \frac{rS}{r_1};$$

$$s_0 : S = \frac{1}{r_0} : \frac{1}{r},$$

oder

$$s_0 = \frac{rS}{r_0}.$$

Hieraus folgen also die nachstehenden Ausdrücke:

$$\left.\begin{aligned} s_1 &= \frac{r_0}{r_1 + r_0} S = \frac{E r_0}{z(r_1 + r_0) + r_1 r_0} \\ s_0 &= \frac{r_1}{r_1 + r_0} S = \frac{E r_1}{z(r_1 + r_0) + r_1 r_0} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{III}),$$

und

sowie

$$\left.\begin{aligned} s_1 r_1 &= s_0 r_0, \\ s_1 + s_2 &= S \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{IV}).$$

Man ersieht also aus diesen Betrachtungen, dass eine Stromtheilung jedenfalls eintreten kann, so lange keine der Grössen r_1 oder r_0 unendlich gross oder Null wird. Wäre z. B. $r_0 = \infty$, so würde die ganze Elektricitätsmenge durch den Zweig vom Widerstande r_1 geleitet werden, denn es wäre dann

$$s_1 = \frac{E}{z + r_1} \quad \text{und} \quad s_2 = 0$$

Wäre hingegen $r_0 = 0$, so würde der Stromleiter mit dem kleinsten Widerstande als alleiniger Schliessungsleiter auftreten, denn man hätte dann aus Gleich. III:

$$s_1 = 0 \quad \text{und} \quad s_0 = \frac{E}{z} = S$$

gleich dem Maximum der durch die Kette erzeugten Stromstärke.

Nehmen wir jetzt an, der Leiter vom Widerstande r_0 werde wieder durch zwei Leiter ersetzt, welche beziehungsweise die Widerstände r_2 und r_0^1 mit den entsprechenden Stromstärken s_2 und s_0^1 haben, so muss vor allem nach Gleich. I sein:

$$\frac{1}{r_0} = \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_0^1},$$

ferner

$$s_2 r_2 = s_0^1 r_0^1,$$

folglich wird
$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_0^1},$$
und
$$S = \frac{E\,(r_1 r_2 + r_1 r_0^1 + r_2 r_0^1)}{z\,(r_1 r_2 + r_1 r_0^1 + r_2 r_0^1) + r_1 r_2 r_0^1}.$$
Aus gleichen Gründen wie oben ist sodann
$$s_1 = \frac{r_2 r_0^1}{r_1 r_2 + r_1 r_0^1 + r_2 r_0^1}\, S$$
$$s_2 = \frac{r_1 r_0^1}{r_1 r_2 + r_1 r_0^1 + r_2 r_0^1}\, S$$
$$s_0^1 = \frac{r_1 r_2}{r_1 r_2 + r_1 r_0^1 + r_2 r_0^1}\, S,$$
sowie
$$s_1 r_1 = s_2 r_2 = s_0^1 r_0^1$$
Aehnliche Betrachtungen, wie die vorhergehenden, zeigen nun leicht, dass, wenn von den Polen einer Kette n Stromleiter ausgehen, die einzeln eine weitere Verzweigung nicht haben, und die reducirten Längen dieser einzelnen Zweige durch r_1, r_2, $r_3 \ldots r_n$ gemessen werden, während die in diesen Zweigen auftretenden Ströme die Grössen s_1, s_2, $s_3 \ldots s_n$ beziehungsweise haben, wie man den Widerstand des Leiters findet, der jenen Zweigleitungen äquivalent ist, und wie gross der durch diesen Leiter gehende Hauptstrom sein wird. Wird nämlich die reducirte Länge des Hauptleiters mit r bezeichnet, die Grösse des Hauptstromes mit S, so hat man
$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{r} &= \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \ldots \frac{1}{r_4} \\ \text{oder}\quad r &= \frac{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot r_3 \ldots\ldots\ldots r_n}{r_2 r_3 r_4 \ldots r_n + r_1 r_3 r_4 \ldots r_n + r_1 r_2 r_4 \ldots r_n + \ldots + r_1 r_2 r_3 \ldots r_{n-1}} \end{aligned}\right\} \ldots \text{V)}.$$
Bezeichnet man den Zähler des r gefundenen Ausdruckes mit p, den Nenner desselben Bruches mit P, so hat man
$$\left.\begin{aligned} S &= \frac{E \cdot P}{z \cdot P + p} \\ s_1 &= \frac{\left(\frac{p}{r_1}\right)}{P} S \\ s_2 &= \frac{\left(\frac{p}{r_2}\right)}{P} S \\ &\;\;\vdots \\ s_n &= \frac{\left(\frac{p}{r_n}\right)}{P} S \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{VI)}.$$

ferner muss $s_1 r_1 = s_2 r_2 = s_3 s_3 = \ldots s_n r_n$, und $s_1 + s_2 + s_3 + \ldots + s_n = S$ sein. Die vorstehenden Gleichungen lassen sehr leicht die Stromeswirkungen bei den denselben zu Grunde gelegten linearen Verzweigungen erkennen und beurtheilen. Eine Stromverzweigung kann so lange eintreten, als nicht in einem der Zweige der Leitungswiderstand gleich Null wird. Wäre letzteres aber der Fall, so würde dieser Leiter der einzige sein, durch den ein Strom geht, und dabei wäre überhaupt die Stromstärke ein Maximum. Wenn hingegen in einem Leiter der Widerstand unendlich gross, oder überhaupt beträchtlich gross im Verhältnisse zu den übrigen wäre, so würde jener Leiter unbenutzt für die durchströmende Elektricität bleiben.

Findet die Verzweigung nicht bloss an den beiden Endpunkten der Kette, sondern an mehreren Punkten des Schliessungsleiters statt, so kann man, wie Poggendorff zeigte [56], die Grösse der einzelnen Zweigströme nach den unter Gleichung (I — IV) angegebenen Gesetzen finden, wenn man jeden der neuen Zweige in zwei von einem und demselben Punkte ausgehende Hülfszweige zerlegt. Der dabei behandelte Fall mag hier seine Erörterung finden. In nebenstehendem Schema (*Fig.* 253) sei in E eine elektromotorische Kraft (überhaupt eine Stromquelle) und durch die hier angezeigte Drahtcombination sei der Strom geschlossen. Die Widerstände zwischen den vier Zweigpunkten sind gegeben, und zwar sei der zwischen AEB durch r, der in AC durch r_1, der in CB durch r_2, der in AD durch r_3, der in BD durch r_4 und der in CD durch r_0 bezeichnet, der aus diesen Widerständen resultirende sei R, die Stromstärken innerhalb dieser Zweige seien beziehungsweise s, s_1, s_2, s_3, s_4 und s_0. Denkt man sich einen der Seitendrähte des krummlinigen Viereckes, z. B. den zwischen A und C gespalten (Schema *Fig.* 254), und den abgespaltenen Theil mit dem Querdraht DC' völlig getrennt von den Seitendrähten verknüpft, so kommt es darauf an, die Spaltung so vorzunehmen, dass sie in dem Widerstande des Systems und den einzelnen Stromstärken keine Aenderung hervorbringt. Werden die Widerstände, in welche r_1 zerlegt wird, durch ϱ_0 und ϱ_2 bezeichnet, so wird dieser Forderung Genüge geleistet, wenn die folgenden acht Bedingungsgleichungen erfüllt werden, deren Entstehung aus den vorhergehenden Betrachtungen sich ergibt:

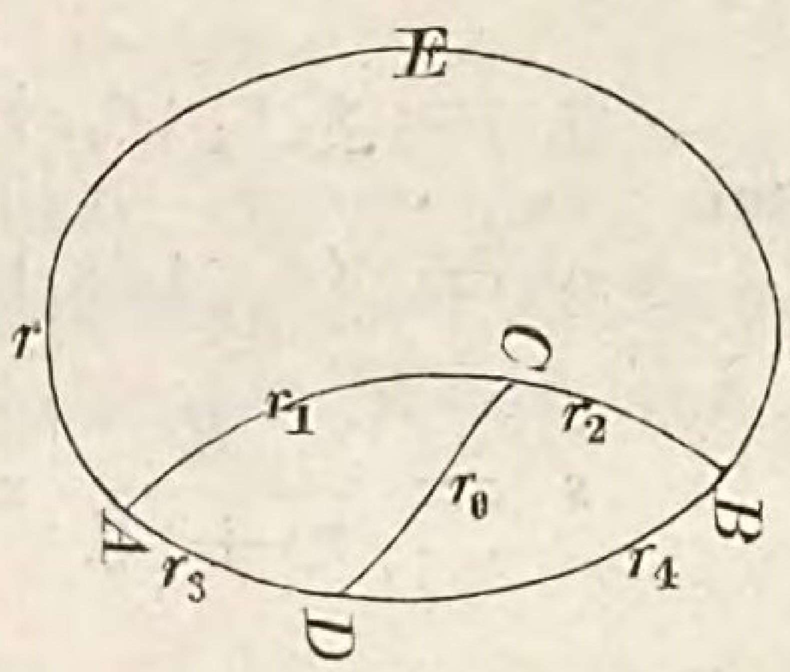


Fig. 253.

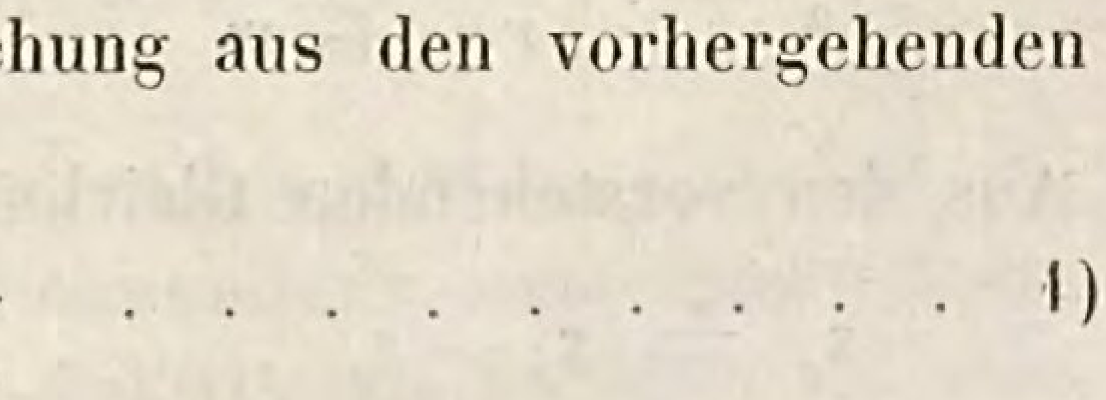


Fig. 254.

$$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{\varrho_2} + \frac{1}{\varrho_0} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

$$s_1 = s_2 + s_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

$$s_2 \varrho_2 = s_0 \varrho_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

$$s_4 = s_3 + s_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4)$$

$$s_3 r_3 = s_0 (r_0 + \varrho_0) \quad \ldots \ldots \quad 5)$$

$$s = s_2 + s_4 \quad \ldots \ldots \quad 6)$$

$$r_2 (r_2 + \varrho_2) = s_4 \left(r_4 + \frac{r_3 (r_0 + \varrho_0)}{r_3 + r_0 + \varrho_0} \right) \quad \ldots \ldots \quad 7)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_2 + \varrho_2} + \frac{1}{r_4 + \frac{r_3 (r_0 + \varrho_0)}{r_3 + r_0 + \varrho_0}} \quad \ldots \ldots \quad 8).$$

Durch Elimination hat man vor allem für die beiden Hülfsgrössen:

$$\varrho_2 = \frac{r_3 (r_2 + r_4) + r_0 (r_3 + r_4)}{r_4 (r_1 + r_3) + r_0 (r_3 + r_4)} \cdot r_1$$

und

$$\varrho_0 = \frac{r_3 (r_2 + r_4) + r_0 (r_3 + r_4)}{r_3 r_2 - r_4 r_1} \cdot r_1 .$$

Ferner hat man $R = \frac{m}{n}$, worin

$$m = r_1 r_3 (r_2 + r_4) + r_2 r_4 (r_1 + r_3) + r_0 (r_1 + r_2)(r_3 + r_4)$$

und

$$n = (r_2 + r_4)(r_1 + r_3) + r_0 (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) \quad \ldots \quad 9)$$

$$s = \frac{E}{r + R} = \frac{E}{r + \frac{m}{n}} = \frac{En}{rn + m} \quad \ldots \ldots \quad 10)$$

$$s_1 = \frac{r_3 (r_2 + r_4) + r_0 (r_3 + r_4)}{rn + m} E \quad \ldots \ldots \quad 11)$$

$$s_2 = \frac{r_4 (r_1 + r_3) + r_0 (r_3 + r_4)}{rn + m} E \quad \ldots \ldots \quad 12)$$

$$s_3 = \frac{r_1 (r_2 + r_4) + r_0 (r_1 + r_2)}{rn + m} E \quad \ldots \ldots \quad 13)$$

$$s_4 = \frac{r_2 (r_1 + r_3) + r_0 (r_1 + r_2)}{rn + m} E \quad \ldots \ldots \quad 14)$$

$$s_0 = \frac{r_3 r_2 - r_4 r_1}{rn + m} E \quad \ldots \ldots \quad 15).$$

Aus den vorstehenden Gleichungen 10) bis 15) ergibt sich nun Folgendes:

$$s_0 = s_1 - s_2 \quad \ldots \ldots \quad 16)$$

$$s_0 = s_4 - s_3 \quad \ldots \ldots \quad 17)$$

$$s_0 r_0 = s_2 r_2 - s_4 r_4 \quad \ldots \ldots \quad 18)$$

$$s_0 r_0 = s_3 r_3 - s_1 r_1 \quad \ldots \ldots \quad 19),$$

und zwar Ausdrücke, von denen, wie unten erwähnt werden soll, bei Entwickelung der vorliegenden Elemente ausgegangen werden darf, um diese zu bestimmen; ferner hat man:

$$\frac{s_0}{s} = \frac{r_3 r_2 - r_4 r_1}{n} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 20).$$

Wird in Gleichung 9) $r_0 = 0$ gesetzt, so hat man

$$R = \frac{r_1 r_3}{r_1 + r_3} + \frac{r_2 r_4}{r_2 + r_4},$$

welcher Ausdruck den Widerstand zweier aus den Drähten AC und AD, sowie BC und BD gebildeten Oehsen bedeutet.

Für $r_0 = \infty$ erhält man aus 9)

$$R = \frac{(r_1 + r_2)(r_3 + r_4)}{r_1 + r_2 + r_3 + r_4},$$

welche Grösse den Widerstand einer aus den Drähten ACB und ADB gebildeten Oehse ausdrückt. Nimmt man noch ausserdem an $r_2 = n r_1$ und $r_4 = n r_3$, so wird aus dem letzten Ausdrucke:

$$R = \frac{(1 + n) r_1 r_3}{r_1 + r_3},$$

welchen Werth die Grösse R unmittelbar annehmen würde, wenn man, ohne $r_0 = \infty$ zu setzen, r_2 und r_4 beziehungsweise als Verlängerung und Vielfaches von r_1 und r_3 setzt. Bringt man den aus (9) hervorgehenden Werth von R auf die Form:

$$R = \frac{a + r_0 b}{d + r_0 c},$$

so wird bei

$$r_0 = \infty, \quad R = \frac{b}{c}.$$

Da bei $r_0 = \infty$, sowohl $m = \infty$, als auch $n = \infty$ wird, so hat man auch unter diesen Umständen, wie schon in den früheren Betrachtungen angedeutet wurde, $s_0 = 0$, folglich wird, wenn der Querdraht CD (*Fig.* 253) einen unendlich grossen Widerstand darbietet, auch

$$r_1 : r_3 = r_2 : r_4, \quad \text{nämlich} \quad \frac{r_1}{r_3} = \frac{r_2}{r_4};$$

ferner

$$s_2 : s_4 = r_4 : r_2 \quad \text{und} \quad s_1 : s_3 = r_3 : r_1,$$

was mit den obigen Betrachtungen übereinstimmt.

Die vorstehenden theoretischen Erörterungen wurden von Weber sowohl, der diese Methode aufgefunden hat, als auch von Poggendorff experimentell geprüft. Sowohl die von Weber mittelst magneto-elektrischer Ströme, als auch die von Poggendorff unter Anwendung einer Grove'schen Kette vorgenommenen Untersuchungen zeigten einen genügenden Grad von Uebereinstimmung der Rechnung mit den aus den Versuchen hervorgegangenen Resultaten.

Von allgemeineren Gesichtspunkten ist Kirchhoff bei Behandlung des vorstehenden Problemes ausgegangen, um den für den Widerstand einer Scheibe aufgefundenen Werth experimentell zu prüfen [57]. Die allgemeinen Gesetze, welche Kirchhoff bei jener Gelegenheit nachgewiesen hat, sind folgende:

Wird ein System von Drähten, die auf eine ganz beliebige Weise mit einander verbunden sind, von Volta'schen Strömen durchflossen, so ist:

1. wenn die Drähte *1*, *2*, ... μ in einem Punkte zusammenstossen,

$$J_1 + J_2 + \ldots + J_\mu = 0,$$

worin J_1, J_2, ... die Intensitäten der Ströme bedeuten, die jene Drähte durchfliessen, alle nach dem Berührungspunkte zu als positiv bezeichnet;

2. wenn die Drähte *1*, *2*, ... ν eine geschlossene Figur bilden, so muss

$$J_1 w_1 + J_2 w_2 + \ldots + J_\nu w_\nu$$

= der Summe aller elektromotorischen Kräfte sein, die sich auf dem Wege: *1*, *2*, ... ν befinden, wenn w_1, w_2, ... die Widerstände der Drähte, J_1, J_2, ... die Intensitäten der Ströme bezeichnen, von denen diese durchflossen werden, alle nach einer Richtung als positiv gerechnet.

Wendet man diese Gleichungen auf einen speciellen (durch das Schema [*Fig. 255*] dargestellten) Fall an. In diesem theile sich nämlich der Strom einer Volta'schen Kette in die beiden Arme ACB und ADB; die Punkte C und D waren bei der von Kirchhoff gemachten Anordnung durch einen Zwischenbogen verbunden, in den ein Multiplicator eingeschaltet war, AC enthielt dabei die zu untersuchende Metallscheibe mit den beiden Drähten, durch die der Strom durch diese geleitet wurde, und wir können uns für die vorliegenden Zwecke anstatt dieser Metallscheibe irgend einen unbekannten Widerstand denken; BC war ein Rheostat, AD ein kurzer dicker, BD ein langer dünner Kupferdraht, ferner geben die Pfeile die Stromrichtungen an. Stellt man den Widerstand des Rheostaten so, dass durch den Multiplicator kein Strom geht, und bedeuten die beigeschriebenen Zahlen die entsprechenden Stromstärken, so muss nach den eben aufgestellten Sätzen, Folgendes stattfinden:

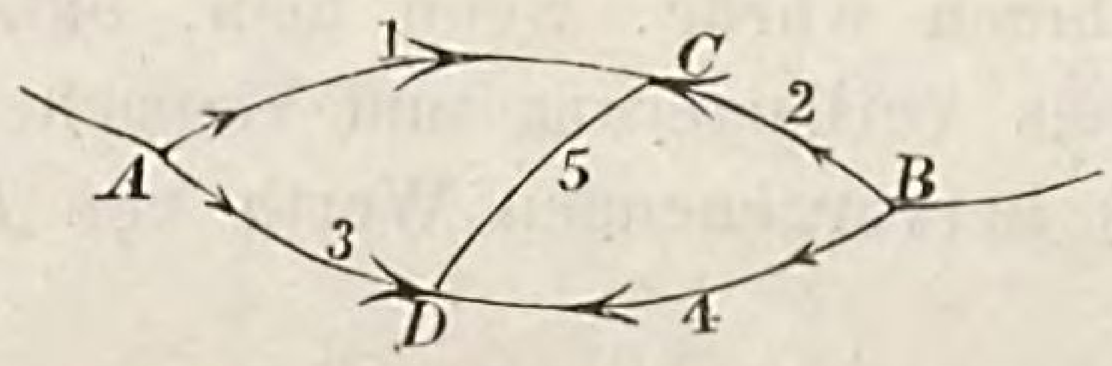


Fig. 255.

$$J_5 = 0$$

$$J_1 + J_2 = 0;$$

$$J_3 + J_4 = 0;$$

$$J_1 w_1 - J_3 w_3 = 0$$

$$J_2 w_2 - J_4 w_4 = 0,$$

woraus also

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3}{w_4}$$

sich ergibt, also Ausdrücke, die mit den vorhergehenden in (16) bis (20) u. s. w. übereinstimmen. Nimmt man daher bei einer derartigen Stromverbindung vor

allem eine Stromrichtung als die positive an, so wird man mittelst der Kirchhoff'schen Sätze jede derartige Aufgabe leicht lösen können. Kirchhoff hat später dasselbe Problem für ein System von n Drähten, welche auf beliebige Weise unter einander verbunden sind, allgemein behandelt, ferner wurde von Bosscha dieser Gegenstand einer wesentlichen Erweiterung unterworfen; bezüglich dieser Untersuchungen aber verweisen wir auf die betreffenden Abhandlungen [58].

Ueber die Bestimmung der Elemente der Volta'schen Kette durch unmittelbare Anwendung des Ohm'schen Gesetzes.

Den unmittelbaren Weg, um die Elemente der Volta'schen Kette zu bestimmen, zeigt die Ohm'sche Formel selbst. Hat man nämlich einen Strommesser, und zwar ein magnetisches oder chemisches Rheometer, und schaltet dieses in die Kette ein, so hat man, wenn die dabei beobachtete Stromstärke mit s bezeichnet wird:

$$s = \frac{E}{z + w} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1),$$

worin E die elektrische Kraft, z der innere und w der äussere (veränderliche) Widerstand der Kette sein soll. Lässt man den Widerstand w in w_1 übergehen, dadurch, dass man die Drahtlänge, mittelst welcher die Kette geschlossen wird, vergrössert oder verkleinert, so wird jetzt die Stromstärke beziehungsweise vermindert oder vermehrt. Gesetzt, es wäre letztere jetzt s_1, so hat man

$$s_1 = \frac{E}{z + w_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2).$$

Wenn wir nun voraussetzen dürfen, dass die elektromotorische Kraft E während der Beobachtungen sich nicht geändert hat, so kann man mittelst dieser Gleichungen z und E bestimmen. Es ergibt sich nämlich:

$$z + w = (w_1 - w)\frac{s_1}{s - s_1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

und sohin

$$E = (w_1 - w)\frac{s s_1}{s - s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4),$$

wobei vorausgesetzt ist, dass $w_1 > w$, also $s_1 < s$ sein soll.

Würde der Strommesser eine Tangentenboussole sein, und würde man die oben (S. 520) angegebenen Voraussetzungen hier in Anwendung bringen dürfen, so hätte man, wenn unter Einschaltung der Boussole die Ablenkungswinkel bei beiden Beobachtungen α und α_1 gewesen wären:

$$H \operatorname{tg} \alpha = s; \quad H \operatorname{tg} \alpha_1 = s_1,$$

und werden diese Werthe in 3) und 4) substituirt, so ergibt sich

$$\left.\begin{aligned} z + w &= (w_1 - w)\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha_1} = (w_1 - w)\frac{\sin\alpha_1 \cos\alpha}{\sin(\alpha - \alpha_1)} \\ &\text{und} \\ E &= (w_1 - w)\frac{\operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha_1} H = (w_1 - w)\frac{\sin\alpha \sin\alpha_1}{\sin(\alpha - \alpha_1)} H \end{aligned}\right\} \ldots 5),$$

woraus sich die Constanten der Kette leicht berechnen lassen, wenn w_1 und w durch eine und dieselbe Widerstandseinheit ausgedrückt sind.

Unter Anwendung der Sinusboussole (s. S. 521) als Messinstrument kömmt man auf ähnliche Resultate. Schaltet man nämlich bei jeder der Messungen die Sinusboussole so ein, dass anfänglich der Verticalkreis der letzteren mit der magnetischen Meridianebene zusammenfällt, und dreht sodann diesen Kreis so lange, bis seine Ebene in das Azimuth der nunmehr abgelenkten Magnetnadel fällt, so wird die Differenz der Ablesungen am Horizontalkreis einen Winkel geben, dessen Sinus der Stromstärke proportional ist. Gesetzt, es wäre dieser Winkel bei der ersten Messung β, bei der zweiten β_1 gewesen, so hat man mittelst der Gleichungen 3) und 4), wenn man $s = H \sin\alpha$ und $s_1 = H \sin\alpha_1$ setzt:

$$z + w = (w_1 - w)\,\frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha - \sin\alpha_1}$$

und

$$E = (w_1 - w)\,\frac{\sin\alpha\,\sin\alpha_1}{\sin\alpha - \sin\alpha_1}\,H.$$

Setzt man aber nach bekannten trigonometrischen Gesetzen:

$$\sin\alpha - \sin\alpha_1 = 2\sin\left(\frac{\alpha - \alpha_1}{2}\right) w \left(\frac{\alpha + \alpha_1}{2}\right),$$

so gehen die vorigen Gleichungen über in

$$\left.\begin{aligned} z + w &= \frac{w_1 - w}{2}\cdot\frac{\sin\alpha_1}{\sin\frac{1}{2}(\alpha - \alpha_1)\cos\frac{1}{2}(\alpha + \alpha_1)} \\ &\text{und} \\ E &= \frac{w_1 - w}{2}\cdot\frac{\sin\alpha\,\sin\alpha_1}{\sin\frac{1}{2}(\alpha - \alpha_1)\cos\frac{1}{2}(\alpha + \alpha_1)} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots 6).$$

Es ist schon oben erwähnt worden, dass jedes der beiden letztgenannten Instrumente in der dort angegebenen Construction nur innerhalb bestimmter Grenzen für Stromesmessungen angewendet werden kann. So wird die Tangentenboussole für Ketten mit geringem, die Sinusboussole für solche mit grösserem Gesammtwiderstande angewendet. In beiden Fällen aber können die Umstände es als nothwendig erscheinen lassen, den Widerstand zu vergrössern, um die Ablenkungswinkel zu verkleinern, und namentlich kömmt diess bei Anwendung der Sinusboussole nicht selten vor. In solchen Fällen ist es zweckmässig, anstatt einen Widerstand einzuschalten, eine Stromverzweigung vorzunehmen, ähnlich, wie diess von Petrina, Wheatstone u. A. vorgeschlagen worden ist. Da bei Anwendungen für telegraphische Zwecke die oben beschriebene Sinus-Tangentenboussole (S. 522) grosse Vortheile darbietet, so beschränken wir unsere Betrachtungen über den eben angeregten Umstand auf die Beschreibung der Methode, welche von Siemens und Halske

in diesem Falle angewendet wird [59]. Bedeutet nämlich (*Fig. 256*) E die Stromquelle, S, S den Hauptdraht, so kann man (nach dem vorhergehenden Artikel) diesen Strom so abzweigen, dass nur ein Theil durch das Instrument, der andere durch den dort angezeigten Zweigdraht geht. Ist W der Widerstand des Hauptdrahtes ohne Nebenschliessung, S der Hauptstrom, S' der Zweigstrom in der Boussole bei stattfindender Nebenschliessung, S'' der Strom in letzterer, und der von dieser dargebotene Widerstand w, so hat man (Gleich. IV, S. 545):

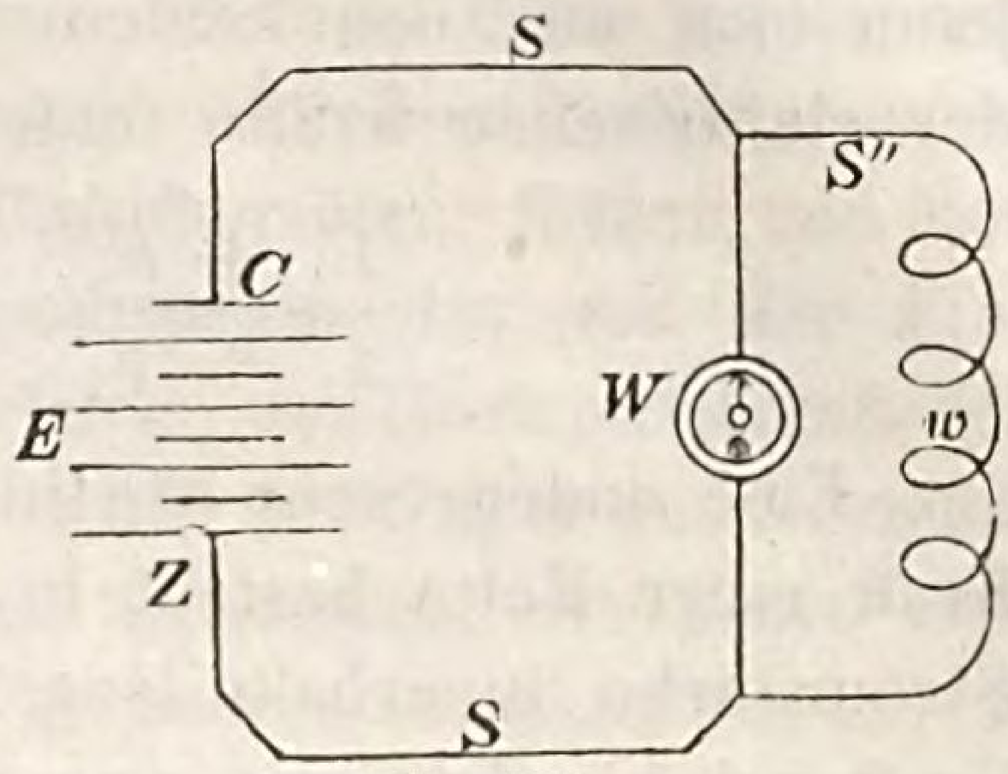


Fig. 256.

$$S = S' + S''$$

$$S' W = S'' W$$

und

$$S = \frac{W + w}{w} S'$$

Setzt man für w beispielsweise nach einander die Werthe $\frac{1}{9} W$, $\frac{1}{4} W$ und W, so erhält man

$$S = 10\, S'$$

$$S = 5\, S$$

und

$$S = 2\, S'$$

In *Fig. 228* (S. 524) ist nun eine für diese Zwecke und nach diesem Principe eingerichtete Zweigrolle mit Widerständen der vorstehenden Verhältnisse dargestellt, und *Fig. 257* zeigt, wie in dieser Rolle die Anordnung der Zweige stattfindet. Bei O ist der Anfang des Zweigdrahtes befestiget, an den Klemmen *10*, *5* und *2* enden die Widerstände von $\frac{1}{9} W$, $\frac{1}{4} W$ und W. Wird also O mit der einen Klemme der Boussole; hingegen Klemme *10*, *5* oder *2* beziehungsweise mit der anderen Klemme verbunden, so hat man hiedurch Zweigwiderstände eingeschaltet, welche die durch das Instrument gehenden Ströme beziehungsweise auf $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{5}$ oder $\frac{1}{2}$ des Hauptstromes bringen, und man kann daher auch leicht die Grösse des letzteren bestimmen. Die Anwendung derartiger Zweigrollen gestattet daher selbst empfindliche Instrumente für Strommessungen zu benutzen.

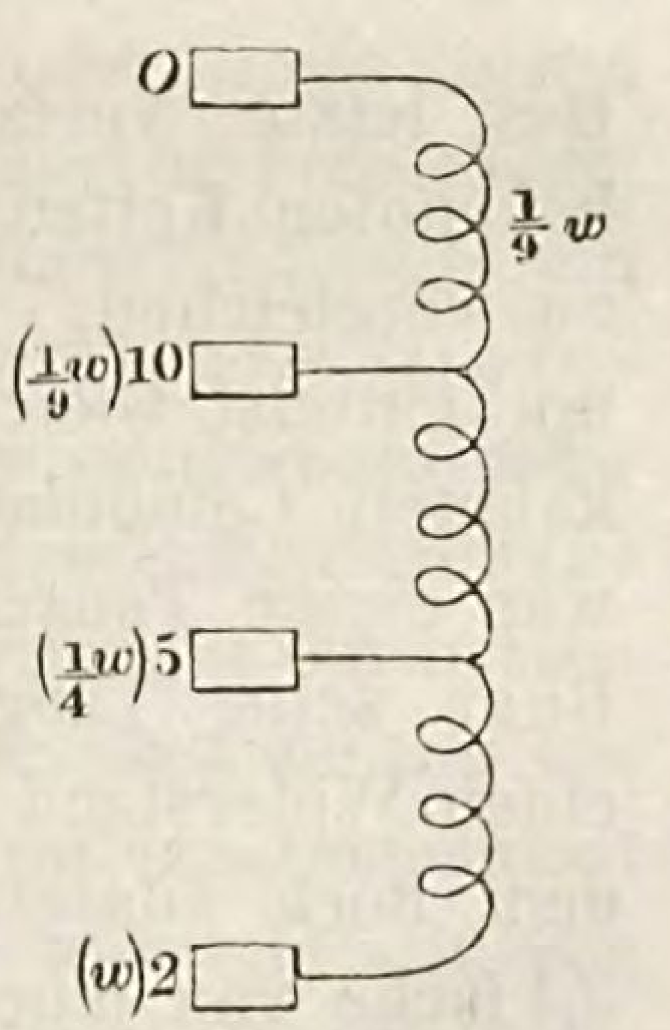


Fig. 257.

Will man unter unmittelbarer Anwendung der OHM'schen Formel bloss die elektromotorische Kraft einer Kette mit der einer anderen vergleichen, was — einstweilen nebenbei erwähnt — auch leichter ausgeführt werden kann, als die unmittelbaren Stromesmessungen und auf zuverlässigere Resultate, wie die obigen führt, so kann man in folgender Weise verfahren. Man verbinde nämlich die beiden zu untersuchenden Ketten, deren elektrische Kräfte E_1 und E_2 und

deren Widerstände z_1 und z_2 sein sollen, unter Anwendung eines kurzen dicken Kupferdrahtes zuerst so, dass die Ströme in gleicher, dann aber so, dass dieselben in entgegengesetztem Sinne den Schliessungsleiter durchwandern, so kann man aus den beiden gefundenen Stromstärken s_1 und s_2 das Verhältniss der elektrischen Kräfte finden. Man hat nämlich

$$s_1 = \frac{E_1 + E_2}{z_1 + z_2};\; s_2 = \frac{E_1 - E_2}{z_1 + z_2},\; \text{folglich}\; \frac{s_1}{s_2} = \frac{E_1 + E_2}{E_1 - E_2} \quad . \quad . \quad . \quad 7).$$

Eine andere sehr vortheilhafte Methode zur Untersuchung der elektrischen Kraft einer Kette besteht in Folgendem: Man wähle eine einfache Kette, deren Stromstärke innerhalb längerer Zeit nahezu constant bleibt; ihre elektrische Kraft sei k. Schliesst man nun diese Kette mittelst eines magnetischen Rheometers mit dem Multiplicator, und fügt ausserdem noch einen Widerstand von bedeutender Grösse hinzu, so dass der aus beiden hervorgehende Gesammtwiderstand R sehr gross gegen den inneren Widerstand der Kette erscheint, so ist die Stromstärke $s = \frac{k}{R}$. Die zu untersuchende Kette benutze man nun in derselben Weise, indem man derselben einen Gesammtwiderstand R_1 darbietet, gegen welchen ihr innerer Widerstand verschwindend klein ausfällt. Ist die elektrische Kraft dieser Kette K, so erhält man für die Stromstärke S den Ausdruck: $S = \frac{K}{R_1}$. Es muss daher

$$\frac{K}{k} = \frac{R}{R_1} \cdot \frac{S}{s} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 8)$$

sein. Macht man $R_1 = R$, so wird

$$K = \frac{S}{s}\, k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 9)$$

Das letzte Verfahren hat Buff angewendet, um die elektrische Kraft der bekannten Ketten mit dem von ihm construirten constanten Elemente (S. 503) zu vergleichen. Ein ähnliches Verfahren wurde von Petruschefsky benutzt, um mittelst Gleich. 8) die Aenderungen der elektromotorischen Kraft der bekannten Combinationen zu untersuchen. Der dabei eingeschaltete Widerstand war einige Tausend Mal grösser, als der innere Widerstand der Kette, während Buff seine Tangentenboussole mit langem Multiplicatordrahte anwendete, der einen Widerstand von 28000 Meter Neusilberdraht von 1,5 ^{mm} Dicke darbot, und dem noch ausserdem lange Drähte angefügt worden waren, die das 2,9 bis 3,1 fache von jenem betrugen.

Wheatstone's Methoden zur Bestimmung der Constanten einer Volta'schen Kette.

Die eben beschriebene sowohl, sowie auch andere früher benutzte Methoden zur Bestimmung der Constanten einer Kette setzen voraus, dass die Stromstärke der Kette jedesmal entweder bekannt ist, oder dass das Verhältniss der Stromstärken einer und derselben Kette bei veränderlichen Widerständen jedesmal mittelst eines hiezu eingerichteten Messinstrumentes bestimmt werden kann. So

lange es sich daher nicht um die Messung der Stromstärke selbst, sondern nur um die Kenntniss der Elemente derselben handelt (durch welche übrigens jene leicht bestimmt werden kann), bleiben die erhaltenen Resultate immer mit Unsicherheiten behaftet, die um so grösser werden, je länger die Dauer der Versuche ist. Diese Unsicherheiten rühren theilweise von den Veränderungen der magnetischen Intensität der Magnetnadeln der Galvanometer, ferner von den Einflüssen der Lokalität auf die magnetischen Messinstrumente, von der Einwirkung der Temperatur, von den Aenderungen der Stärke der Horizontalkraft des Erdmagnetismus etc. her. Insbesondere störend aber wirkt bei länger andauernden Versuchen der Umstand, dass bei oft wiederholtem Schliessen der Kette ihre Elemente selbst Aenderungen erleiden, die um so grösseren Einfluss haben, je geringer der Widerstand in der Kette ist. Die von WHEATSTONE angegebenen Methoden [60], die wir nun mit möglichst grosser Vollständigkeit vorführen wollen, setzen kein graduirtes Messinstrument voraus, erfordern also nicht die Kenntniss der den Nadelablenkungen entsprechenden Stromstärken. Das Princip der WHEATSTONE'schen Methode besteht darin, dass veränderliche statt constanter Widerstände angewendet und dadurch die zu vergleichenden Ströme zur Gleichheit gebracht werden; aus der Grösse der zu zwei Ablenkungen der Nadel eingeschalteten Widerstände werden dann, je nach den besonderen Umständen des Experimentes, die elektrische Kraft und die Widerstände der Kette abgeleitet. — Von den durch WHEATSTONE in die Elektricitätslehre eingeführten Bezeichnungen haben wir schon theilweise Gebrauch gemacht. Da dieselben ohne Rücksicht auf die Quelle der zur Wirksamkeit kommenden Ströme anwendbar sind, so sind sie als allgemeine Ausdrücke viel bequemer und geeigneter bei Besprechung allgemeiner Gesetze und Messungsmethoden, als die mittelst längerer Umschreibungen sonst benutzten Bezeichnungen. Jeder Apparat, der einen elektrischen Strom liefert, sei diess nun eine Volta'sche einfache Kette, eine Volta'sche Batterie, ein Inductionsapparat oder sonst irgend eine andere Quelle des Stromes, wird mit dem Namen Rheomotor bezeichnet; ein einfaches Element desselben, also z. B. eine einfache Volta'sche Kette, ein Magnetstab mit Inductionsrolle u. dergl. wird mit dem Ausdrucke rheomotorisches Element, ein aus derartigen gleichartigen Elementen zusammengesetzter Apparat aber eine rheomotorische Reihe genannt. Der Ausdruck Rheometer bezeichnet bekanntlich jedes Messinstrument für Stromstärken, unter Rheotom wird jeder Stromunterbrecher verstanden, mit Rheotrop ein Instrument bezeichnet, das den Strom umkehrt. Ferner bedeutet Rheoskop ein Instrument zur Ausmittelung des blossen Vorhandenseins eines Stromes, während wir den Ausdruck Rheostat schon früher definirt haben. Der Ausdruck Rheophor, wie er schon von AMPÈRE für den Schliessungsdraht einer Volta'schen Kette gebraucht wurde, hat weniger Eingang, als die vorher genannten Bezeichnungen gefunden; jedoch ist durch diese die für jede besondere Stromquelle eingeführte Terminologie nicht überflüssig geworden. Da von WHEATSTONE bei seinen Verfahrungsweisen immer veränderliche Widerstände zur Anwendung kommen, so ist es vor allem nothwendig, zuerst die von ihm hiebei benutzten Rheostaten zu beschreiben. Ein, insbesondere für geringe Widerstände geeignetes Instru-

ment ist schon bei einer früheren Gelegenheit beschrieben und benutzt worden, weshalb wir zuerst jenes in Erinnerung bringen wollen (s. *Fig. 156*, S. 396). Ein zweiter Rheostat, für grössere Widerstände bestimmt, ist in *Fig. 258* (S. 557) bei *A* abgebildet; *g* ist ein Cylinder von Holz, *h* ein Cylinder von Messing, beide sind von gleichem Durchmesser und mit ihren Axen parallel. Auf dem Holzcylinder ist ein Schraubengang eingeschnitten, und an einem seiner Enden trägt derselbe einen Messingring, an welchem das eine Ende eines langen und eines sehr dünnen Drahtes befestiget ist; dieser wird auf den Holzcylinder gewickelt, so dass er den Schraubengang völlig ausfüllt, und dann mit seinem zweiten Ende an dem jenseitigen Ende des Messingcylinders befestiget. Zwei Federn *u* und *k*, von denen die eine auf den Messingring des Holzcylinders und die andere auf das Ende des Messingcylinders *h* drückt, sind mit zwei Klemmschrauben verbunden, um die Drähte der Kette aufzunehmen. Steckt man die (abnehmbare) Handhabe *m* auf den Cylinder *h* und dreht nach der Rechten, so wird der Draht vom Holzcylinder ab- und zum Messingcylinder aufgewickelt; steckt man sie dagegen auf den Cylinder *g* und dreht zur Linken, so geschieht das Umgekehrte. Da die Windungen auf dem Holzcylinder isolirt und durch den Schraubengang von einander entfernt gehalten werden, so durchläuft der Strom auf diesem Cylinder den Draht seiner ganzen Länge nach, allein auf dem Messingcylinder, wo die Windungen nicht isolirt sind, geht der Strom sogleich von dem Punkt, wo der Draht den Cylinder berührt, zu der Feder *k*. Der wirksame Theil der Drahtlänge ist also das veränderliche Stück, welches sich auf dem Holzcylinder befindet. Dass die Dimensionen der Cylinder willkührlich gewählt werden können, versteht sich von selbst. Bei dem von Wheatstone construirten Instrumente hält jeder Cylinder sechs Zoll (engl.) in Länge und anderthalb Zoll im Durchmesser, 40 Schraubengänge gehen auf einen Zoll, und der dabei verwendete Draht, aus Messing, hat 0,01 Zoll im Durchmesser. Nimmt man bei denselben Dimensionen anstatt des Messingdrahtes einen reinen Neusilberdraht von derselben Dicke, so wird die Länge des mittelst des Rheostaten dargebotenen Widerstandes gegen das Doppelte des vorigen. — Zur Zählung der abgewickelten Windungen ist eine Scale angebracht, und die Bruchtheile einer Windung bestimmen sich mittelst eines Zeigers, der an der Axe eines der Cylinder befestiget ist und auf die Theilpunkte eines graduirten Gradbogens hinweist. Da es häufig vorkömmt, noch grössere Widerstände als die zu messen, welche dieser Rheostat darbietet, indem man z. B. die Absicht haben kann, den mehrere Meilen langen Draht eines für telegraphische Zwecke bestimmten Elektromagneten, oder die Länge einer ausgedehnten Telegraphenstrecke zu untersuchen, so hat Wheatstone für solche Zwecke noch andere Hülfsapparate in der Form von Widerstandsrollen construirt. Ein derartiger Apparat ist bei *D* in *Fig. 258* dargestellt. Er besteht aus sechs Rollen eines mit Seide besponnenen Kupferdrahtes von etwa $\frac{1}{200}$ Zoll im Durchmesser. Zwei dieser Rollen halten jede 50 Fuss (engl.) Draht, die übrigen beziehungsweise 100, 200, 400 und 800 Fuss. Der Gesammtwiderstand dieses Apparates beträgt 218880 Widerstandseinheiten, bezogen auf einen Kupferdraht von 1 engl. Fuss Länge und 100 Gran

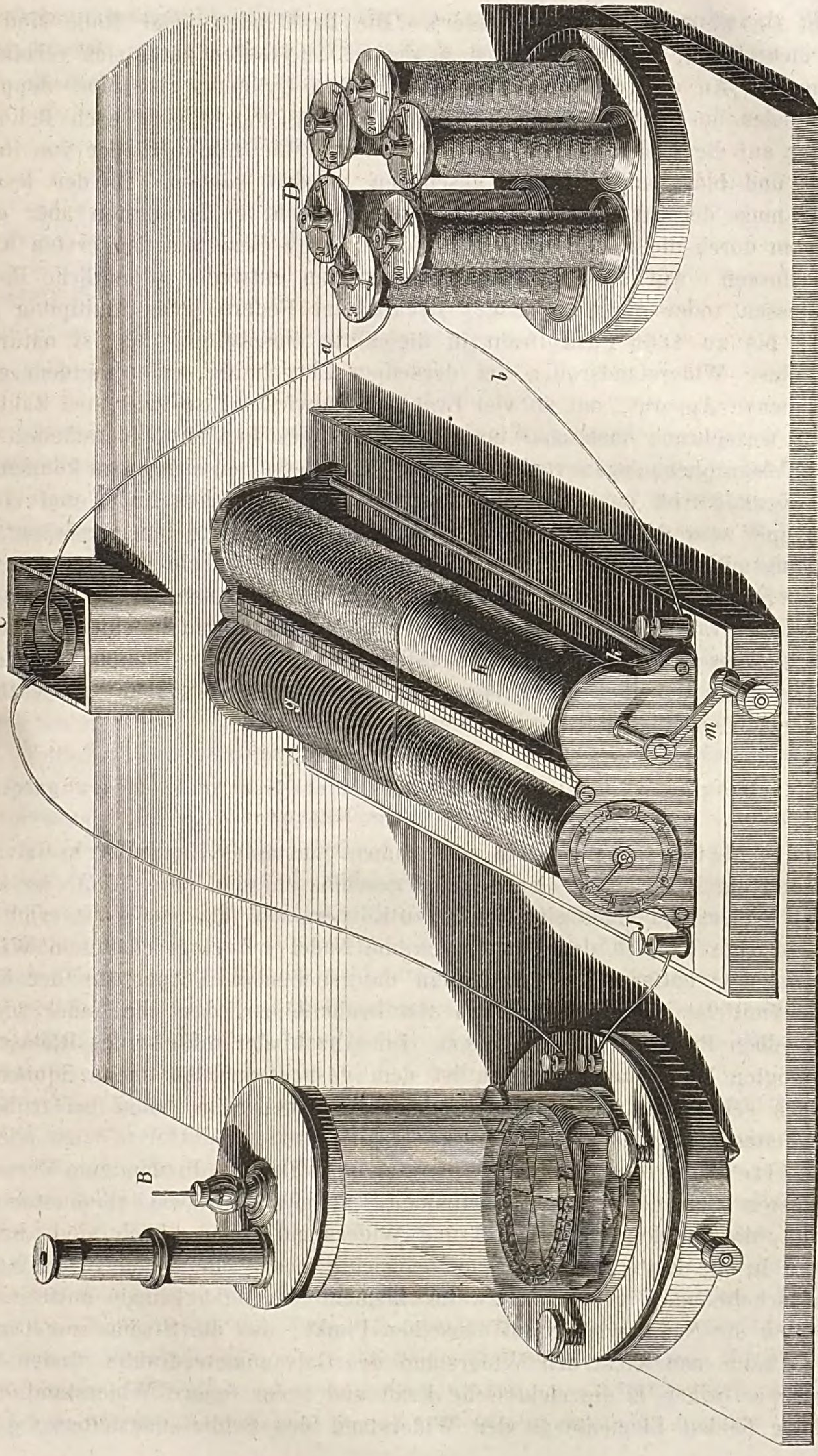


Fig. 258.

F.A.BROCKHAUS X.A.

Gewicht (0,71″ engl. im Durchmesser). Die Drahtenden jeder Rolle sind an kurze dicke Drähte befestiget, die dazu dienen, alle Rollen unter sich verbinden zu können. An der oberen Fläche eines jeden Cylinders ist eine doppelte Messingfeder um ein Centrum beweglich, so dass ihre Enden nach Belieben entweder auf die Enden der dicken Verbindungsdrähte gebracht oder von ihnen entfernt und bloss auf das Holz geschoben werden können. In der letzten Stellung muss der Strom durch die Drahtrolle gehen, in der ersten aber geht der Strom durch die Feder und die Rolle ist durch diese aus der ersten Kette ausgeschlossen. Auf diese Weise kann man nun entweder sämmtliche Rollen ausschliessen, oder durch gehöriges Drehen der Federn jedes Multiplum von 50 Fuss bis zu 1600 Fuss Draht in die Kette einschalten. Es ist natürlich leicht, diese Widerstandsrollen bei derselben Einrichtung, wie bei dem eben beschriebenen Apparat, mit so viel Draht zu umwickeln, so wie ihre Zahl so weit zu vermehren, dass man im Stande ist, die längsten Widerstände, wie sie bei Telegraphenanlagen vorkommen, mittelst derselben messen zu können. — In *B* (*Fig. 258*) ist ein Galvanometer mit einer astatischen Nadel und einem Mikroskope zum Ablesen der Theilpunkte des Kreises (einem grossen Erleichterungsmittel der Beobachtungen) angebracht; *C* ist ein Rheomotor. Die ganze in *Fig. 258* dargestellte Anordnung zeigt an, wie man die im Folgenden beschriebenen Untersuchungen ausführen kann, wie man also in eine Kette nach und nach grössere oder kleinere Widerstände ein- und ausschalten kann etc.; jedoch wird bei den hier zur Besprechung kommenden Versuchen grossentheils einer der beiden Rheostaten ausreichen.

1. Aufsuchung von Leitungswiderständen metallischer Schliessungsleiter nach Wheatstone's Methoden.

Erste Methode. Wenn ein vollkommen constantes Element, ein Galvanometer und ein Rheostat zu einer Kette geschlossen sind (*Fig. 258*), so kann man den Widerstand eines eingeschalteten Körpers auf folgende Weise ermitteln. Man beobachte nämlich den Punkt, den die Nadel bei eingeschaltetem Widerstande anzeigt, entferne hierauf den zu untersuchenden Körper aus der Kette und füge mittelst des Rheostaten so viel Draht hinzu, dass die Nadel wieder auf denselben Punkt zu stehen kommt. Die Anzahl der mittelst des Rheostaten hinzugefügten Widerstandseinheiten ist dem gesuchten Widerstande äquivalent, also auch sein Maass. (Diese Methode wurde theilweise schon bei früheren Gelegenheiten angewendet, s. S. 179.)

Zweite Methode. Um den Widerstand des Drahtes in dem zum Versuche verwendeten Galvanometer zu bestimmen, nehme man zwei rheomotorische Elemente, die an elektrischer Kraft und Widerstand genau gleich sind, bringe das eine in die Kette *Fig. 258* und beobachte genau die Stellung der Nadel; hierauf schalte man auch das zweite Element ein und bringe mittelst des Rheostaten die Nadel wieder auf denselben Punkt, also die Ströme zur Gleichheit, so kann man leicht den Widerstand des Galvanometerdrahtes finden. Ist nämlich wie früher E die elektrische Kraft und z der innere Widerstand eines jeden der beiden Elemente, r der Widerstand des Schliessungsleiters, g der

des Galvanometerdrahtes und λ der zur zweiten Kette hinzugefügte Widerstand, durch welchen beide Widerstände zur Aequivalenz gebracht worden sind, so hat man

$$\frac{E}{z + r + g} = \frac{2E}{2z + r + g + \lambda},$$

also

$$\frac{E}{z + r + g} = \frac{E}{z + \frac{r}{2} + \frac{g}{2} + \frac{\lambda}{2}},$$

und hieraus

$$r + g = \frac{r}{2} + \frac{g}{2} + \frac{\lambda}{2},$$

woraus sodann

$$g = \lambda - r$$

sich ergibt. — Dass man auf diese Weise den Widerstand eines jeden anderen Metalldrahtes von grosser Ausdehnung ebenfalls finden kann, liegt ohnehin nahe.

Dritte Methode. Wird ein kurzer Draht in eine Kette eingeschaltet, so kann derselbe gegen die übrigen in der Batterie enthaltenen Widerstände einen so kleinen Widerstand darbieten, dass seine Einschaltung oder Ausschliessung keine merkbare Aenderung in dem Stande der Nadel hervorbringt, und selbst wenn grössere Längen der leitenden Substanz angewendet werden, machen Schwankungen in der Stromstärke der Batterie öfters die Beobachtung unsicher. Man kann für diesen Zweck das Differentialgalvanometer anwenden, in welches man jedes Galvanometer verwandeln kann, wenn man dasselbe mit zwei Multiplicatoren versieht, deren Wirkungen auf ein und dasselbe astatische Nadelpaar von gleicher Grösse sind. Da aber die Herstellung solcher Multiplicatoren oder Drahtgewinde mit den grössten Schwierigkeiten verbunden ist, wenn diese die Eigenschaft besitzen sollen, dass zwei gleich starke Ströme dieselben durchlaufend, gleiche Ablenkungen der Nadel nach entgegengesetztem Sinne hervorbringen, so kann man auch bei derartigen Instrumenten nicht auf die Gleichheit der Ströme schliessen, wenn der Stand der Nadel dabei auf Null kömmt. Die von WHEATSTONE für die bezeichneten Zwecke angegebenen Verfahrungsweisen haben ihre Anwendbarkeit durch die hierüber angestellten Untersuchungen bewährt, und wir geben diese daher im Folgenden ganz in der von ihm beschriebenen Weise.

Ein Verfahren dieser Art kann mit Anwendung der in *Fig. 259* (S. 560) abgebildeten Vorrichtung ausgeführt werden. Auf einem Brett sind die Kupferdrähte *Zb*, *Za*, *Ca* und *Cb* befindlich, deren Enden an messingenen Klemmschrauben befestiget sind. Die beiden Verbindungsschrauben *Z* und *C* haben den Zweck, die beiden Pole einer Volta'schen Kette oder die von einem anderen Rheomotor kommenden Drähte aufzunehmen, und die mit *a* und *b* bezeichneten Schrauben dienen zum Befestigen der Enden des Galvanometerdrahtes. Vermöge dieser Anordnung geht von jedem Pole der Kette ein Draht zu jedem Ende der Galvanometerwindungen; wenn daher die vier Drähte an Länge, Durchmesser und Substanz gleich sind, oder wenn auch nur die resp. Widerstände derselben in gleichem Verhältnisse stehen, so ist das Gleichgewicht hergestellt, so dass

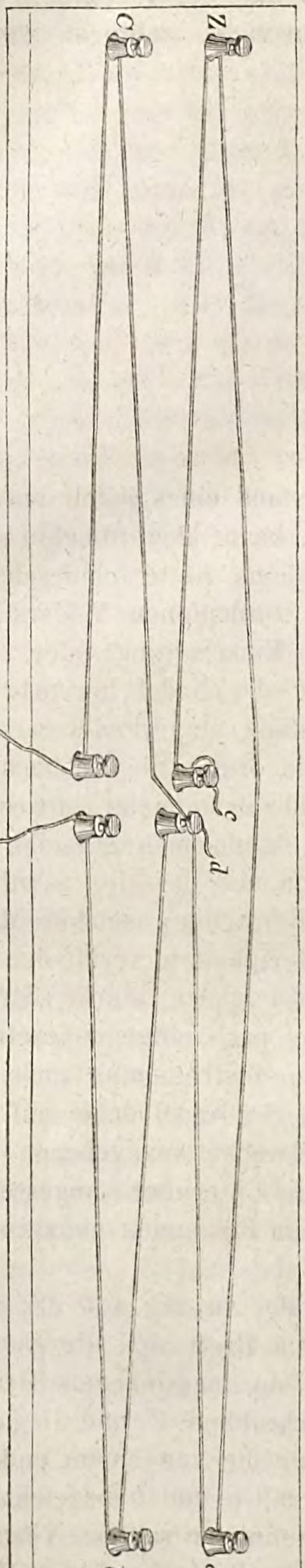


Fig. 259.

auch der kräftigste Strom nicht die geringste Ablenkung der Nadel hervorzubringen vermag. Würden aber *a* und *b* nicht leitend unter sich verbunden sein, was offenbar der Fall ist, wenn an diesen Stellen das Galvanometer eingeschaltet wird, so müssten in beiden Zweigen *ZbCZ* und *ZaCZ* Ströme existiren, deren Gleichgewicht offenbar gestört wäre, wenn in einem der vier Drähte ein Widerstand eingeschaltet würde. Wird der Widerstand in *Zb* oder in *CA* eingeschaltet, so erlangt der Strom *ZabCZ* das Uebergewicht; wird er in *Za* oder in *Cb* eingeschaltet, so wird der andere Strom *ZbaCZ* der stärkere. Ist der Widerstand des eingeschalteten Drahtes unendlich gross, oder, was dasselbe ist, wird der Draht (z. B. *Cb*) fortgenommen, so wird die Stärke des durch das Galvanometer gehenden Stromes die eines partialen *Zba* sein, der durch einen der Drähte in das Galvanometer geht. Vermöge dieser Einrichtung ist die Stärke des Hauptstromes:

$$S = \frac{E}{z + 2r + g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1),$$

die des partiellen auf das Galvanometer wirkenden Stromes

$$S = \frac{Er}{z(3r + g) + 2r^2 + rg} \quad . \quad . \quad . \quad 2),$$

wenn z den Widerstand der Kette, r den eines einzelnen Drahtes und g den des Galvanometers bedeutet. Ist nun das Gleichgewicht durch Einschaltung eines Widerstandes in einem der vier Drähte gestört worden, so kann es dadurch wieder hergestellt werden, dass man in einem der anliegenden Drähte einen gleichen Widerstand einschaltet. Zur Einschaltung dieser Widerstände sind die Drähte *Zb* und *Cb* unterbrochen, und in *c*, *d*, sowie in *e*, *f* Klemmen zur Aufnahme der Drahtenden angebracht. Ist einmal das Gleichgewicht hergestellt, so wird es durch Schwankungen in der Stromstärke des Galvanometers nicht mehr gestört.

Vierte Methode. Ein anderes für denselben Zweck von Wheatstone angegebenes Verfahren, um nämlich die Unterschiede von wenig von einander verschiedenen Widerständen zu entdecken, wird durch

die in *Fig. 260* dargestellte Drahtverbindung ausgeführt. Hierin bedeuten gleiche Buchstaben dasselbe, wie in der vorigen Abbildung. *C* und *Z* sind nämlich die Pole des Rheomotors; diese sind einerseits wieder durch den Draht *CaZ*, andererseits durch *CbZ* verbunden, wobei die Drahtstücke *Ca* und *Za* von gleicher Länge und an ihrer Vereinigungsstelle *a* die eine Klemme, ebenso die unter sich gleichen Drahtstücke *Cb* und *Zb* bei *b* die andere Klemme zur Aufnahme der Enden des Galvanometerdrahtes enthalten. Sind *a* und *b* durch den Galvanometerdraht nicht verbunden, so wird der Strom verzweigt, und die Zweigströme sind nach obigem (S. 543) leicht zu finden. Ist aber bei *a* und *b* ein Galvanometer eingeschaltet, so kann, da wegen dieser Verzweigung der Strom einmal den Weg von *C* über *a* nach *b* und *Z*, dann aber auch gleichzeitig von *C* über *b* nach *a* und *Z* das System durchläuft, eine Ablenkung der Nadel nicht stattfinden, wenn entweder alle einzelnen Drahtstücke in jeder Beziehung unter sich gleich sind, oder wenn ihre resp. Widerstände in gleichem Verhältnisse zu einander stehen, und überhaupt die für diese Zweigströme oben aufgestellten Bedingungen (S. 550) erfüllt werden. Da diese Vorrichtung noch sehr geringe Unterschiede im Widerstande eines eingeschalteten Leiters erkennen lässt, so ist die Ajustirung desselben mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Zu dem Ende ist nun mit der Klemme *b* fest verbunden ein Metallstück *n* in das Brett eingelassen, an dessen Ende ein beweglicher Arm *m* aus Metall drehbar ist. Sind dann die Drähte *Ca* und *Za* vorläufig von gleicher Länge gewählt, so wird, wenn ein geringer Unterschied der übrigen statthaben würde, durch den Metallarm *m* die Ungleichheit des Widerstandes ausgeglichen werden. Ist nämlich das Galvanometer eingeschaltet, so kann man den Leitungswiderstand von *Cb* verringern, wenn *m* auf *Cb* sich befindet, und zwar um so mehr, wenn der Winkel, den *Cb* mit *m*

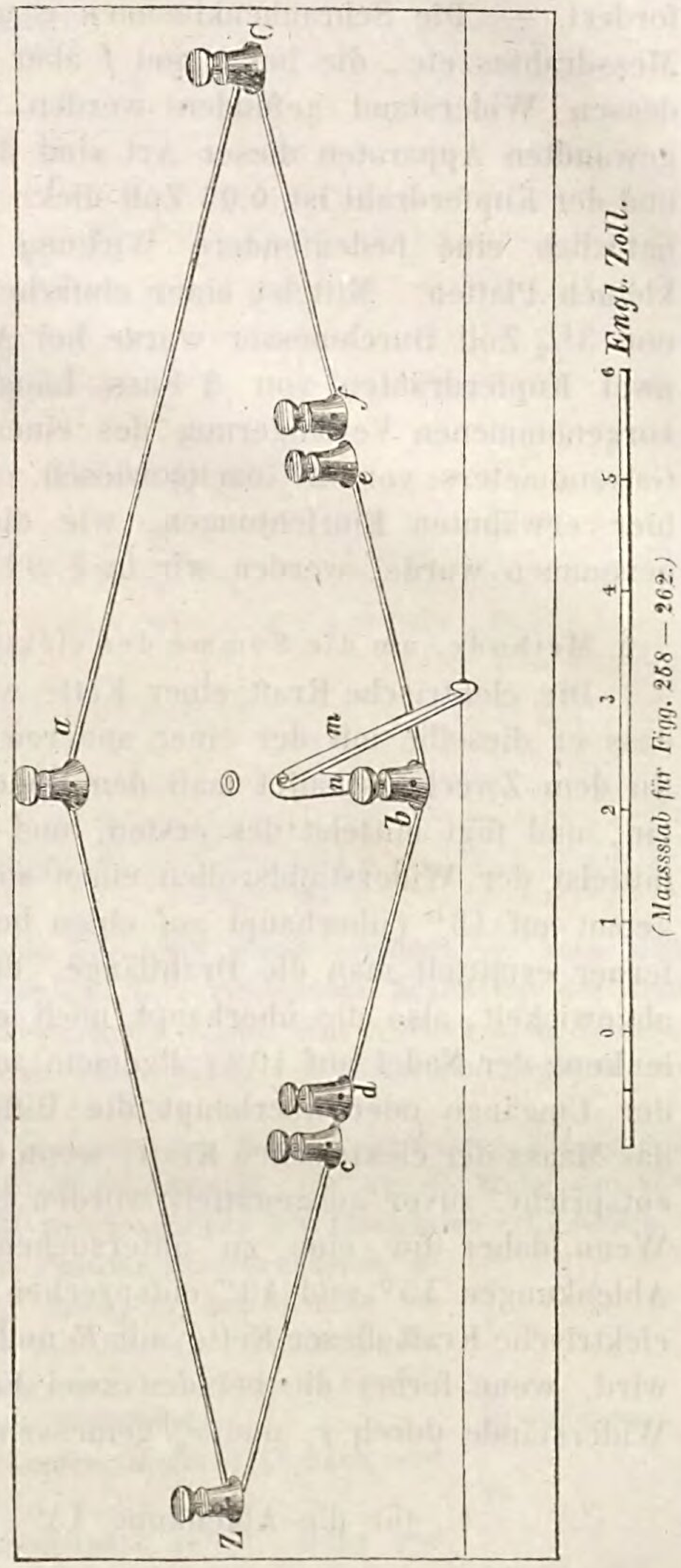


Fig. 260.

macht, vergrössert wird. Umgekehrt kann man den von Zb verringern, indem man den beweglichen Arm auf Zb überschlägt. Man kann also durch diese Anordnung die Ajustirung so vornehmen, wie diess das Theilungsgesetz erfordert. — Die Schraubenklemmen c und d sind wieder zur Aufnahme des Messdrahtes etc., die bei e und f aber zur Einschaltung des Drahtes bestimmt, dessen Widerstand gefunden werden soll. Bei den von Wheatstone angewandten Apparaten dieser Art sind die Bretter 14 Zoll lang und 4 Zoll breit und der Kupferdraht ist 0,05 Zoll dick. Eine einfache Volta'sche Kette gibt hiebei natürlich eine bedeutendere Wirkung als eine zusammengesetzte Kette aus kleinen Platten. Mittelst einer einfachen Daniell'schen Kette von 6 Zoll Länge und $3^1/_2$ Zoll Durchmesser wurde bei Anwendung dieser Differentialinstrumente zwei Kupferdrähten von 2 Fuss Länge und $^1/_{40}$ Zoll Durchmesser bei einer vorgenommenen Verlängerung des einen um $^1/_{10}$ Zoll eine Nadelablenkung des Galvanometers von 2^0 nachgewiesen. (Auf eine verbesserte Modification der hier erwähnten Einrichtungen, wie dieselbe von Siemens und Halske vorgenommen wurde, werden wir in §. 92 zurückkommen.)

2. Methode, um die Summe der elektrischen Kräfte einer Kette zu messen.

Die elektrische Kraft einer Kette wird von Wheatstone dadurch gemessen, dass er dieselbe mit der einer anderen als constant zu betrachtenden vergleicht. Zu dem Zwecke schaltet man den Rheostat und das Galvanometer in die Kette ein, und fügt mittelst des ersten, und wenn es erforderlich sein sollte, auch mittelst der Widerstandsrollen einen solchen Widerstand hinzu, dass die Nadel genau auf 45^0 (überhaupt auf einen bestimmten Theilpunkt α^0) gebracht wird; ferner ermittelt man die Drahtlänge, die vom Rheostaten auf den Holzcylinder abgewickelt, also die überhaupt noch eingeschaltet werden muss, um die Ablenkung der Nadel auf 40^0 (allgemein auf $\acute{\alpha}^0 < \alpha^0$) zurückzuführen. Die Anzahl der Umgänge oder überhaupt die Differenz der angewandten Widerstände ist das Maass der elektrischen Kraft, wenn die Anzahl, welche einem Normalelemente entspricht, zuvor ausgemittelt worden ist und als Einheit angenommen wird. — Wenn daher für eine zu untersuchende Kette die Stromstärken, welche den Ablenkungen 45^0 und 40^0 entsprechen, mit S_1 und S_2 bezeichnet werden, die elektrische Kraft dieser Kette mit E und ihr innerer Widerstand mit z bezeichnet wird, wenn ferner die bei den zwei Versuchen nach und nach eingeschalteten Widerstände durch r_1 und r_2 gemessen waren, so hat man:

1. für die Ablenkung 45^0 (oder α^0): $S_1 = \dfrac{E}{z + r_1}$

2. „ „ „ 40^0 (oder $\acute{\alpha}^0$): $S_2 = \dfrac{E}{z + r_2}$

Für die Normalkette soll die elektrische Kraft e, der innere Widerstand z', der beim ersten Versuche eingeschaltete Widerstand ϱ_1, der beim zweiten eingeschaltete ϱ_2 sein, so hat man für diese Kette:

3. für die Ablenkung 45^0 (oder α^0): $S = \dfrac{e}{z' + \varrho_1}$

4. für die Ablenkung 40° (oder $\dot{\alpha}^0$): $S_2 = \frac{e}{z' + \varrho_2}$

wenn, wie erwähnt, mit S_1 und S_2 die den erwähnten Ablenkungen (unbekannten) Stromstärken bezeichnet werden.

Aus 1) und 3) ist:

$$\frac{E}{z + r_1} = \frac{e}{z' + \varrho_1},$$

also

$$\frac{z + r_1}{z' + \varrho_1} = \frac{E}{e}$$

und hieraus

$$z + r_1 = \frac{E}{e} z' + \frac{E}{e} \varrho_1 \quad \ldots \ldots \quad 5).$$

Ebenso findet man durch Verbindung der Gleich. 2) und 4):

$$z + r_2 = \frac{E}{e} z' + \frac{E}{e} \varrho_2 \quad \ldots \ldots \quad 6).$$

Zieht man Gleich. 6) von 5) ab, so wird

$$r_1 - r_2 = (\varrho_1 - \varrho_2) \frac{E}{e}$$

und

$$\frac{E}{e} = \frac{r_1 - r_2}{\varrho_1 - \varrho_1}, \text{ daher } E = \left(\frac{r_1 - r_2}{\varrho_1 - \varrho_2}\right) e.$$

Hat man daher $\varrho_1 - \varrho_2$ durch eine Reihe von Versuchen genau ermittelt, so kann man leicht mehrere Ketten innerhalb kurzer Zeit bezüglich ihrer elektrischen Kräfte mit der Kraft des Normalelementes vergleichen. Einige der Messungen, welche Wheatstone nach der vorstehenden Methode ausführte, mögen hier ihren Platz finden, da dieselben zugleich zur Erläuterung eines Theiles des Ohm'schen Gesetzes (S. 376) dienen können.

1. Drei Elemente von ungleicher Grösse, bestehend aus Kupfer, Kupfervitriollösung und flüssigem Zinkamalgam, werden successive in die Kette gebracht, und um die Nadel von 45° auf 40° zurückzuführen, waren folgende Anzahl von Umgängen des Rheostaten erforderlich.

Kleines Element (bestehend aus einem glasirten Porzellankasten, 2″ jede Seite im Quadrat und $1\frac{1}{2}$″ hoch, in dessen Mitte ein kleiner poröser Cylinder, gefüllt mit flüssigem Zinkamalgam, die äussere Zelle mit einer Lösung aus schwefelsaurem Kupferoxyd gefüllt und einen Kupferring enthaltend): 30 Umgänge

Grösseres Element, in welchem der Kupfercylinder $3\frac{1}{2}$″ hoch und von $2\frac{1}{2}$″ Durchmesser war 30 „

Grösseres Element mit einem Kupfercylinder von 6″ Höhe und $3\frac{1}{2}$″ Durchmesser 30 „

Es hat also, übereinstimmend mit der Theorie (S. 366, Nr. 3), die Grösse der Elemente keinen Einfluss auf die elektrische Kraft.

2. Die Messung der elektrischen Kraft von Ketten aus *1*, *2*, *3*, *4* und *5* Elementen zusammengesetzt, wovon jedes aus Kupfer, amalgamirtem Zink bestand, und die beziehungsweise mit folgenden Kupferlösungen: Sulphat, Ammoniaksulphat, Nitrat, Acetat und Chlorid gefüllt waren, ergaben Folgendes:

1 Element erforderte 30 Umgänge
2 Elemente erforderten 61 „

3 Elemente	erforderten	91	Umgänge
4 „	„	120	„
5 „	„	150	„

Es steht also die elektrische Kraft einer Batterie im geraden Verhältnisse zu der Zahl der gleichen Elemente, aus denen sie zusammengesetzt ist (S. 379, Gleich IV).

3. Zur Bestimmung der Grösse der Polarisation (S. 539), vorausgesetzt, dass diese als elektrische Gegenkraft zu betrachten sei, wurde eine Zersetzungszelle eingeschaltet, in welcher die Platinelektroden mit verdünnter Schwefelsäure in Verbindung standen. Die Messung der Gegenkraft geschah durch Abziehen der beobachteten Anzahl Umgänge des Rheostaten von derjenigen Zahl, die der elektrischen Kraft der Kette nach Entfernung des Voltameters entsprach.

Zahl der Elemente.	Anzahl der Umgänge mit Zersetzungszelle.	Elektrische Kraft der Kette.	Polarisation.
3	21	90	90 — 21 = 69
4	50	120	120 — 50 = 70
5	79	150	150 — 79 = 71
6	109	180	180 — 109 = 70
			Mittel = 70

Es erscheint also die Polarisation von der elektrischen Kraft der Kette und ihrem Widerstande (näherungsweise) unabhängig, und grösser als die Kraft einer aus zwei Elementen zusammengesetzten Kette genannter Art. Man bedarf also zur Wasserzersetzung mindestens dreier solcher Elemente.

4. Die nachstehenden Messungen zeigen, dass, wenn drei Metalle in ihrer elektromotorischen Ordnung genommen werden, die elektromotorische Kraft einer aus den beiden äusseren Metallen gebildeten Kette gleich ist der Summe der elektromotorischen Kräfte der beiden Ketten, die sich aus den benachbarten Metallen bilden lassen (S. 366, Nr. 5):

Durch Versuche wurden gefunden:

A.

Für	Kaliumamalgam, Zinkvitriol, Zinkamalgam......	29 Umgänge
„	Zinkamalgam, Kupfervitriol, Kupfer	30 „
„	Kaliumamalgam, Kupfervitriol, Kupfer	59 „

wobei also die letztere Zahl genau der Summe der beiden ersteren ist.

B.

Für	Kaliumamalgam, Zinkvitriol, Zinkamalgam......	29 Umgänge
„	Zinkamalgam, Platinchlorid, Platin.............	40 „
„	Kaliumamalgam, Platinchlorid, Platin..........	69 „

woraus also wieder dieselbe Uebereinstimmung, wie aus der vorigen Reihe, hervorgeht.

3. Aufsuchung des Widerstandes oder der reducirten Länge eines Rheomotors.

Erste Methode. Man mache dieselbe Anordnung, wie sie oben (S. 557, *Fig.* 258) beschrieben worden ist, wobei aber die Widerstandsrollen unnöthig sind. Vorausgesetzt nun, dass der Widerstand des Galvanometerdrahtes mit dem der übrigen Schliessungsleiter gemessen worden und bekannt ist, so beobachte man nunmehr den Stand der Nadel am Galvanometer. Ist g der Widerstand des Galvanometerdrahtes, R der genannte übrige Widerstand in der Kette und E die elektromotorische Kraft der letzteren, so wird die Stromstärke

$$s_1 = \frac{E}{R + g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1).$$

Nun theile man den Strom, indem man zwischen den Enden der Kette (bei eingeschaltetem Galvanometer) einen Widerstand einschaltet, der gleich g ist,

so ist die Grösse des durch das Galvanometer gehenden Zweigstromes nunmehr (Gleich. III, S. 545)

$$s_2 = \frac{Eg}{2Rg + g^2} = \frac{\frac{1}{2}E}{R + \frac{1}{2}g} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 2).$$

Nimmt man aus der Kette bei dieser neuen Anordnung mittelst des Rheostaten einen Widerstand λ von solcher Grösse heraus, dass der Stand der Nadel durch Einwirkung dieses Zweigstromes derselbe wie ursprünglich wird, so erhält man aus der letzten Gleich. (2):

$$s_3 = \frac{\frac{1}{2}E}{R + \frac{1}{2}g - \lambda} \quad \text{oder} \quad s_3 = \frac{E}{2R + g - 2\lambda} \quad \ldots \ldots \quad 3).$$

Verbindet man daher die Gleich. 3) und 1), so hat man, da $s_3 = s_1$ ist:

$$R + g = 2R + g - 2\lambda$$

und mithin

$$R = 2\lambda.$$

Zieht man also von 2λ den — mit Ausschluss des Galvanometerdrahtes — in der Kette befindlichen äusseren Widerstand ab, so erhält man den wesentlichen Widerstand der letzteren.

Zweite Methode. Man schalte bei der gedachten Anordnung der Kette (*Fig. 258*, S. 557) einen constanten Widerstand mittelst des Rheostaten in dieselbe ein, so dass die Nadel des Galvanometers einen bestimmten Theilpunkt b anzeigt; hierauf füge man einen Widerstand r ein, damit die Nadel auf einen Punkt a zu stehen kömmt, wobei $a < b$ wird, so ist unter Beibehaltung der übrigen Bezeichnungen wie im vorigen Falle:

$$\text{für den Strom } b, \quad s_1 = \frac{E}{R + g}$$

$$\text{„ „ „ } a, \quad s_2 = \frac{E}{R + g + r}.$$

Theilt man nun, nachdem man den Draht mit dem Widerstande r wieder aus der Kette genommen hat, den Strom zwischen dem Galvanometer so, dass derselbe noch ausserdem durch einen Draht vom Widerstand r' gehen muss, und wobei dieser Zweigdraht von solcher Länge ist, dass dabei die Nadel wieder den Stand a annimmt, so hat man wieder für einen Strom von der Stärke s_3 (Gleich. III, S. 545):

$$s_3 = \frac{Er'}{R(g + r') + gr'} = \frac{E}{R\frac{g + r'}{r'} + g}.$$

Da aber $s_3 = s_2$ ist, so hat man

$$R + g + r = R\frac{g + r'}{r'} + g,$$

sohin

$$R = \frac{rr'}{g}.$$

Hieraus wird also wieder der innere Widerstand der Kette erhalten, wenn man, mit Ausnahme von g, den übrigen äusseren Widerstand des Schliessungsleiters von dem für R gefundenen Werth abzieht. Wäre $r' = g$, so hätte man $R = r$.

Dritte Methode. Hat man zwei gleiche Rheomotoren von der elektrischen Kraft E und dem inneren Widerstande R, so bringe man zuerst den einen in die Kette und schalte mittelst des Rheostaten einen Widerstand r ein, damit die Nadel des Galvanometers auf einen bestimmten Theilpunkt b kömmt, so hat man für die Stromstärke

$$s = \frac{E}{R + r}.$$

Verbindet man nun beide Rheomotoren zu einer zweifachen Kette mit doppelter Oberfläche (indem man nämlich die gleichartigen Elektromotoren unter sich verbindet), und schaltet mittelst des Rheostaten in diese neue Kette einen Widerstand λ von solcher Grösse ein, damit die Nadel wieder den Stand b annimmt, so hat man für die Stromstärke

$$s' = \frac{E}{\frac{1}{2}R + r + \lambda}.$$

Da aber $s' = s$ ist, so erhält man

$$R = 2\lambda.$$

Vierte Methode. Verbindet man zuerst dieselben zwei Rheomotoren zu einer zusammengesetzten Kette, so erhält man für die Stromstärke

$$s'' = \frac{2E}{2R + r}.$$

Combinirt man dieselben aber zu einer zweifachen Kette und fügt, wie vorher, einen Widerstand λ hinzu, damit die Stromstärke wieder auf s'' kömmt, so hat man für die letzte Verbindung den für s' angegebenen Werth. Es ist also für diese neue Anordnung

$$\frac{E}{\frac{1}{2}R + r + \lambda} = \frac{2E}{2R + r},$$

woraus sich ergibt

$$R = r + 2\lambda.$$

Fünfte Methode. Will man den Widerstand gleichartiger Elemente unter sich vergleichen, die sich bloss durch Grösse und Gestalt von einander unter-

scheiden, so reicht es aus, da die elektrische Kraft derselben dieselbe bleibt, wenn der Widerstand eines der Elemente nach einer der angegebenen Verfahrungsweisen bestimmt wird. Bringt man nun einen solchen als Normalelement angenommenen Rheomotor in die mehrfach schon erwähnte Anordnung (*Fig. 258*), und beobachtet bei einem bekannten in die Kette eingeschalteten Widerstand r den Stand der Nadel des Galvanometers, so hat man für die Stromstärke

$$s = \frac{E}{z + r}.$$

Nimmt man nun dieses Element aus der Kette, schaltet sodann für dasselbe das zu untersuchende mit dem Widerstande z_1 ein, und regulirt den gesammten äusseren Leitungswiderstand r_1 jetzt so, dass die Nadel den früheren Stand wieder annimmt, so hat man für die Stromstärke

$$s_1 = \frac{E}{z_1 + r_1}.$$

Da aber $s_1 = s$ ist, so hat man

$$z_1 = z + r - r_1$$

den gesuchten Widerstand.

4. Verfahrungsweisen, die Aenderungen der elektrischen Kraft oder des inneren Widerstandes einer Kette zu finden.

I. In *Fig. 261* ist ein rundes Brett mit zehn Klemmschrauben vorgestellt. Die von einem Rheomotor kommenden Drähte seien bei C_1 und Z_1, die von einem zweiten Rheomotor kommenden bei C_2 und Z_2 befestiget; die Enden des Galvanometerdrahtes seien bei a und b, die Klemmen denke man sich in der angedeuteten Weise unter sich verbunden, und ausserdem in die Lücken ef und $e'f'$ ebenfalls Drähte gelegt, so kann bei dieser Anordnung der Strom der ersten Kette den Weg von C_1 nach a, durch das Galvanometer, hierauf nach b, C_2, f', e und nach Z_1 in die Kette zurücknehmen; der der zweiten Kette aber macht den Weg von C_2 über b, durch den Galvanometerdraht nach a, dann zur Klemme C_1, f, e und zu Z_2; diese beiden Ströme durchlaufen also den Galvanometerdraht in entgegengesetztem Sinne. Wenn daher beide Rheomotoren von vollkommen gleicher Stärke sind, und es werden so zwischen ef und $e'f'$ gleiche Widerstände eingeschaltet, so kann die Nadel keine Ablenkung erfahren. Die geringste Aenderung aber in der Stromstärke der einen oder anderen Kette müsste eine Ablenkung erzeugen, und man würde hieraus erkennen, in welchem der Rheomotoren eine Aenderung stattgefunden hat. Da aber diese Verfahrungsweise bloss die Aenderungen in

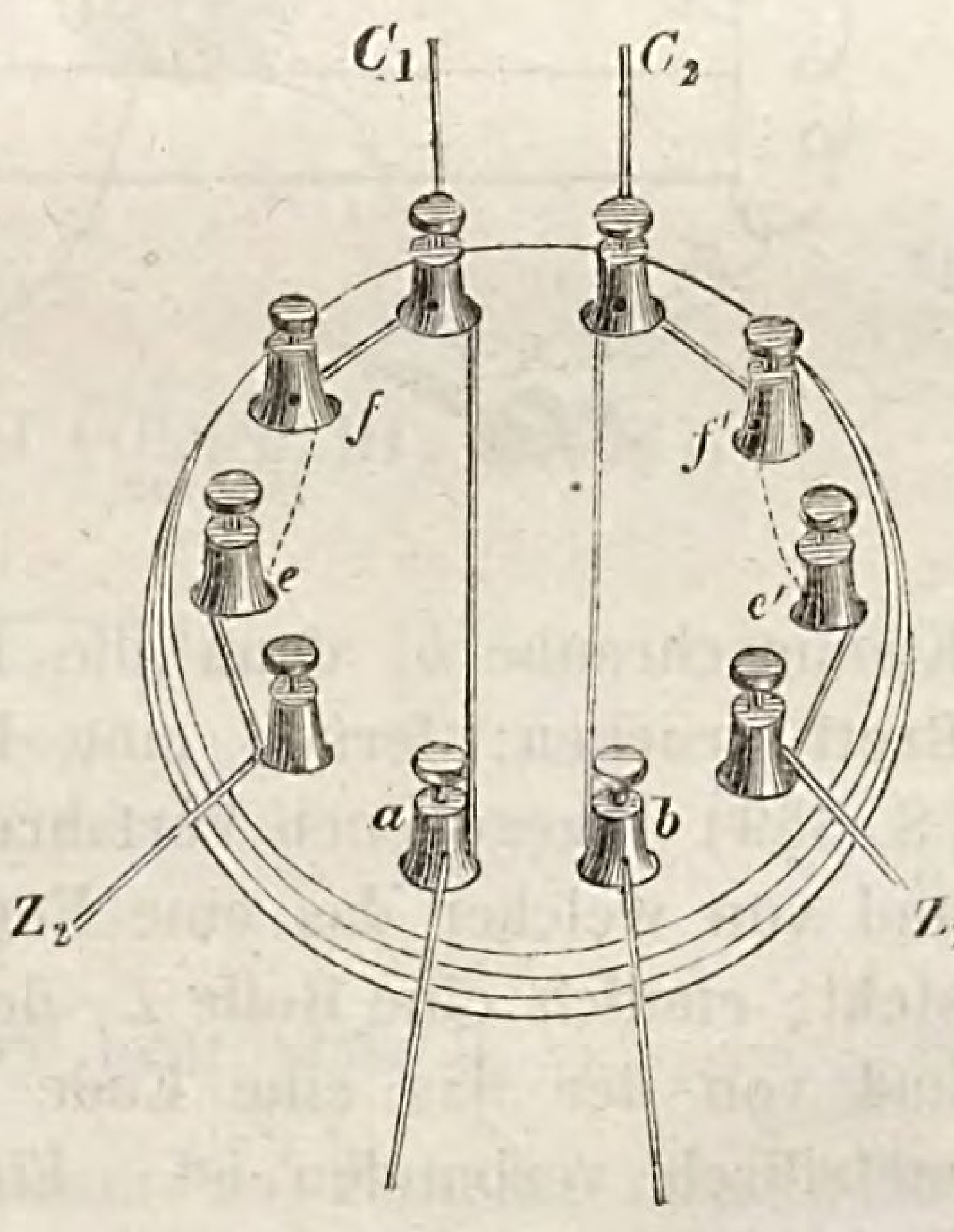


Fig. 261.

der gesammten Stromstärke einer der Ketten zu erkennen gibt, solche aber entweder von einer Aenderung der elektrischen Kraft oder von einer Abänderung des inneren Widerstandes der Kette, oder endlich durch eine gleichzeitige Aenderung dieser beiden Elemente bewerkstelliget werden kann, so müssen die weiteren Umstände, unter denen die Untersuchung vorgenommen wird, zeigen, auf welche Aenderung der Ketten die angedeutete Verfahrungsweise führen könnte.

II. Ein anderes Verfahren, das sowohl zur Erkennung der Aenderungen der elektrischen Kraft, als auch der des inneren Widerstandes einer Kette dienen kann, besteht darin, durch eine eigenthümliche Stromverzweigung die Anordnung zu treffen, dass die Stärke eines durch den Galvanometerdraht gehenden Stromes gerade halbirt wird, ohne dass dabei die Stärke des neuen Hauptstromes dem ursprünglichen gegenüber eine Aenderung erfährt. Die Anordnung ist in *Fig. 262* dargestellt und setzt voraus, dass ein fester Stromleiter bei seiner öfteren Benutzung in der Kette seinen Widerstand niemals ändert, was allerdings nur bei gleichbleibender Temperatur und sonst ganz unveränderlichen Umständen angenommen werden dürfte. *A* ist ein quadratisches Stück Holz mit darein eingelassenen Messingstücken *D* und *M*, wobei auf *D* die Klemmschrauben *a* und *C*, auf *M* die Klemme *Z* befestiget ist. *B* ist eine um ihren Mittelpunkt drehbare Holzscheibe, die Drehung wird mittelst des Knopfes *E* vorgenommen. Auf dieser Holzscheibe sind befestiget: das isolirte Messingstück *F* mit der Klemmschraube *b*, dann die Federn *G*, *H* und *J*, deren freie Enden auf das Brett drücken; ferner eine Drahtrolle *K*, deren Widerstand nach dem oben (S. 559) angegebenen Verfahren gleich dem des Galvanometerdrahtes sein muss, und von welcher das eine Ende mit *F*, das andere mit der Feder *G* in Contakt steht; endlich eine Rolle *L*, deren Widerstand genau die Hälfte von dem ersteren, und von der das eine Ende mit der Platte *F*, das andere mit der Feder *H* metallisch verbunden ist. Ein kurzer Draht verbindet die Platte *F* mit der Feder *J*, ferner gehen von *a* und *b* die Drähte aus, die mit ihren metallenen Endstiften in die Klemmen eingesetzt werden, die die Enden des Galvanometerdrahtes enthalten. Von der zu untersuchenden Kette geht nunmehr von dem positiven Pole aus ein Draht zur Klemme *C*, von dem negativen ein anderer zur Klemme *Z*. Bei der in der Figur angenommenen Lage der Holzscheibe *B* muss der Strom bei *C* sich theilen, ein Theil desselben geht über nach *N*,

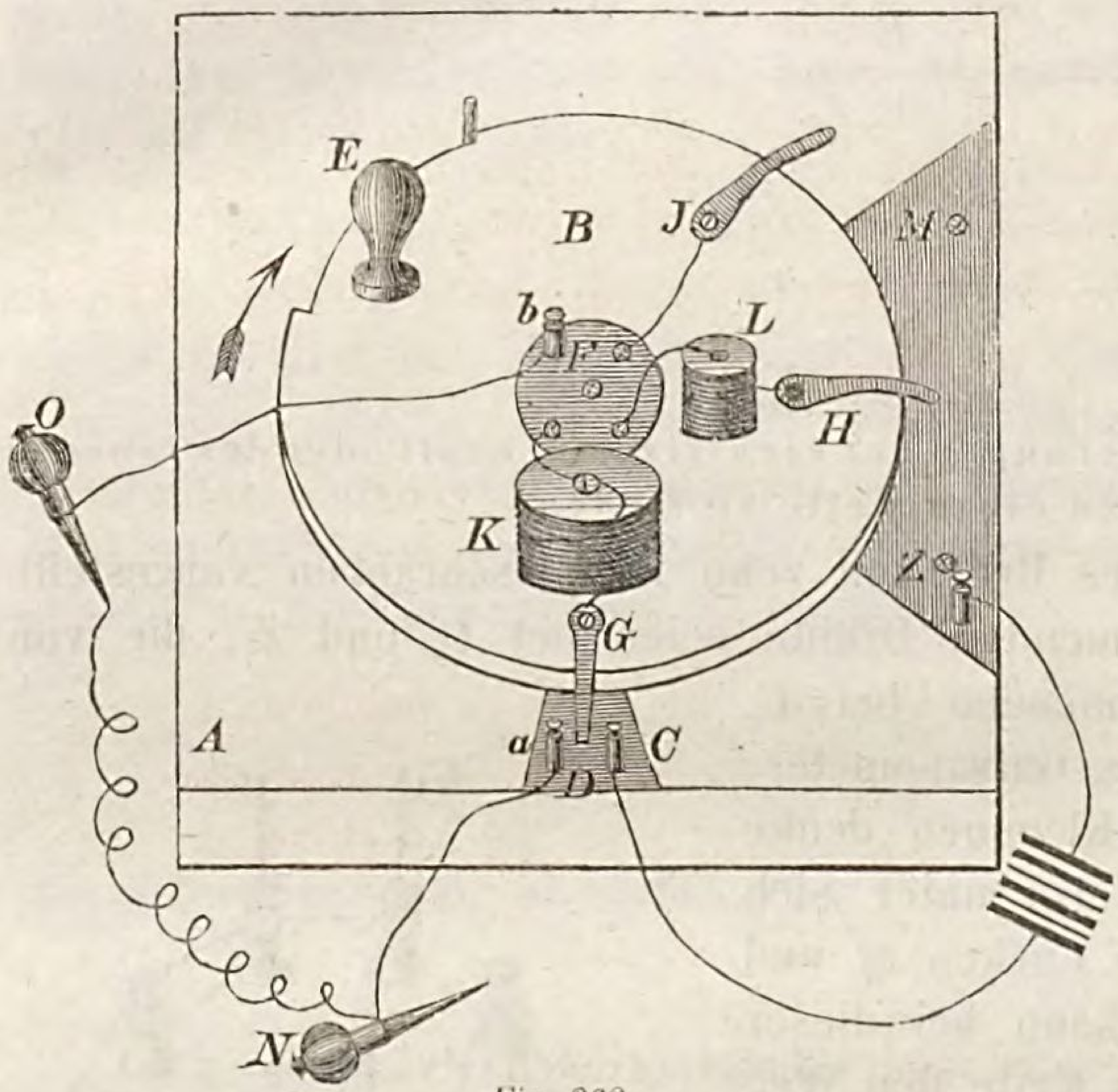


Fig. 262.

durch den Galvanometerdraht, O, b durch die Rolle L und sodann mittelst der Feder H zur Kette zurück, während der andere von C mittelst der Feder G zur Rolle K gelangen und sodann von F aus nach L etc. zur Kette zurückkommen kann. Wird aber die Holzscheibe B so weit gedreht, dass die Feder J auf die Mitte der Messingplatte M zu liegen kömmt, so verlassen die Federn H und G die metallenen Contaktstücke, es werden hiedurch die beiden Rollen K und L aus der Kette genommen, und der Strom muss nunmehr ungetheilt von C aus durch den Galvanometerdraht nach O, b und J gelangen, von wo derselbe bei Z in die Kette zurückkehren kann. In dieser letztgedachten Stellung sind also in die Kette eingeschaltet: der Galvanometerdraht mit den übrigen zur Schliessung nöthigen Leitern, wozu auch der Rheostat gehört. Die Stärke des Stromes wird daher unter Beibehaltung der vorigen Bezeichnungen sein:

$$S = \frac{E}{R + g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1).$$

In der bei unserer Figur angenommenen Lage der Holzscheibe aber ist der Strom zwischen C und F in zwei Zweige getheilt, von welchen jeder Zweig den Widerstand g darbietet, während bei F der Strom ungetheilt in die Kette zurückkehren, aber vorher noch den Widerstand $\frac{1}{2}g$ überwinden muss.

Der den beiden eben genannten Theilströmen entsprechende Hauptstrom ist nach Früherem [S. 544, Gleich. II)]:

$$S_1 = \frac{E(g+g)}{R(g+g)+g^2} = \frac{E}{R+\frac{1}{2}g},$$

oder

$$S_1 = 2 \cdot \frac{E}{2R+g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2);$$

jeder seiner beiden Zweigströme wird aber hiebei (Gleich. III, S. 545)

$$s_1 = s_2 = \frac{Eg}{R(g+g)+g^2},$$

also

$$s_1 = s_2 = \frac{E}{2R+g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3).$$

Vergleicht man Gleich. 3) mit Gleich. 2), so findet man, dass $s_1 = s_2 = \frac{1}{2} S_1$ ist. Es wurde also durch jene Anordnung der Strom so getheilt, dass genau nur die Hälfte der Stärke des Hauptstromes durch das Galvanometer geht, während durch Anbringung der Rolle L dieser Hauptstrom wieder auf seine ursprüngliche Stärke zurückgeführt wird; denn bei dem gemeinschaftlichen Eintritte der beiden Theilströme durch die Rolle L zur Kette wird, da hier der Widerstand $\frac{1}{2}g$ eingeschaltet ist, die Stromstärke:

$$S_2 = \frac{E}{R + \frac{1}{2} g + \frac{1}{2} g} = \frac{E}{R + g} = S \text{ [wie in Gleich. 1)]}.$$

Mittelst dieser Vorrichtungen kann man daher Aenderungen der sogenannten Constanten der Kette erkennen; sie liefert aber auch ein einfaches Mittel, um Stromstärken mit einander zu vergleichen, und, was herausgehoben werden muss, könnte dazu dienen, um die Bedeutung der Angaben der Galvanometernadel innerhalb gewisser Grenzen zu bestimmen, d. h. unter Annahme der Stromstärke einer bestimmten Kette als Einheit, die einer anderen auf jene zurückzuführen.

Dieses Verfahren wurde auch unter Anderem von Wheatstone vorgeschlagen, um den inneren Widerstand einer Kette zu finden. Bleibt nämlich die elektrische Kraft der letzteren ungeändert und man bringt zuerst die Nadel des Galvanometers mittelst des Rheostaten auf einen Grad a, schaltet sodann im Hauptstrome etc. einen Widerstand ein, damit die Nadel von a auf $\frac{1}{2} a$ zu stehen kömmt, so wird die Anzahl der hiezu verwendeten Rheostatenwindungen das Maass von R sein, woraus man sodann den wesentlichen Widerstand der Kette finden kann.

Ueber noch einige andere Anordnungen zur Regulirung der Stromstärke, und Methoden zur Bestimmung der Elemente einer Volta'schen Kette.

In dem vorstehenden Artikel wurden die von Wheatstone erdachten Methoden in so weit vorgeführt, als dieselben auf den Gegenstand der vorliegenden Betrachtungen sich beziehen. Da die meisten dieser Methoden unter Anwendung eines gewöhnlichen Galvanometers ausgeführt werden können, und bei denselben überhaupt jedes Rheometer benutzt werden kann, so haben dieselben einen entschiedenen Vorzug vor allen anderen der bekannten Methoden darin, dass die Kenntniss der Bedeutung der Angaben des Rheometers dabei unnöthig wird, und es sind die Resultate sogar von den allenfallsigen Fehlern eines solchen Rheometers ganz unabhängig. Das diesen Methoden zu Grunde liegende Princip hat Aehnlichkeit mit dem, nach welchem man mittelst einer nicht fehlerfreien Waage das richtige Gewicht eines Körpers finden kann, vorausgesetzt, dass die dabei angewendeten Gewichtseinheiten während der Wägung ihren Werth nicht ändern. Die Wheatstone'schen Verfahrungsweisen setzen also von den Elementen der Ohm'schen Formel kein einziges als bekannt voraus; sie nehmen also weder den Quotienten aus der elektrischen Kraft, getheilt durch die Summe aller Widerstände, als bekannte Grösse, noch das Verhältniss zweier solcher Quotienten als eine bekannte Function der Angaben des Rheometers an, sondern es wird lediglich durch Einschaltung eines bekannten Widerstandes der durch eine getroffene Anordnung gestörte Gleichgewichtszustand wiederhergestellt, um hieraus auf die Kenntniss der zu bestimmenden Grösse zu kommen. Diese Methoden umfassen ausserdem alle Fälle, wie sie in der Praxis vorkommen können, indem dieselben theilweise auf die — unter Zugrundelegung einer gewissen Einheit — absolute Bestimmung der Constanten

der Kette sich beziehen, theilweise aber auch die geringsten Aenderungen der elektrischen Kraft und des inneren Widerstandes der Kette zu bestimmen lehren. Die reichen Erfolge, welche Wheatstone selbst mittelst Anwendung seiner Verfahrungsweisen auf Untersuchungen in der elektrischen Telegraphie zu Tage brachte, mussten daher schon an und für sich die Wichtigkeit dieser Methoden für die vorliegenden Zwecke darlegen. — Obgleich wir mit den vorstehenden Betrachtungen über die Untersuchung galvanischer Ketten für alle Zwecke der Praxis ausreichen würden, so können wir dennoch es nicht für überflüssig halten, noch einige andere Anordnungen und Untersuchungsmethoden hier in Erwähnung zu bringen, die in manchen Fällen sehr vortheilhafte Anwendung finden können und für praktische Zwecke leicht ausführbar sind.

I. Ueber die Anordnung einiger von den oben beschriebenen verschiedenen Rheostaten. Für den Fall, in welchem man geringe Widerstände bei der Untersuchung einer Kette in letztere bringen will, ist es ausreichend, bloss mehrere Drähte auf einem Brett isolirt gerade auszuspannen und dieselben so anzuordnen, dass man dieselben nach und nach als Verlängerung des Schliessungsleiters nehmen kann. Obgleich Anordnungen dieser Art in verschiedener Weise vorgenommen werden können, so möchte es dennoch nicht überflüssig sein, eine der bekanntesten, wie sie schon vor langer Zeit von Poggendorff angegeben wurde [61], hier mitzutheilen. Eine Holzlatte (*Fig. 263*) 3 Fuss hoch, 4 Zoll breit, $1\,{}^1/_2$ Zoll dick, auf einem Dreifuss stehend (oder auch an beiden Enden mit Ansätzen zum Horizontallegen versehen), die des Verziehens wegen rund herum mit Papier beklebt, auf der einen Seite mit einer Scale versehen und überall gefirnisst worden ist, ist mit vier Neusilberdrähten $h'h'$, $h''h''$, $h'''h'''$, $h''''h''''$ von 0,166 par. Linien Dicke bespannt. Die Drähte sind unten mittelst Oesen und einfacher Stifte, oben mittelst der dicken Kupferstücke i', i'', i''', i'''' fest geschraubt worden. Die Kupferstücke gehen durch die Holzlatte und haben auf der Rückseite ähnliche Durchbohrungen und Schrauben zur Aufnahme der Verbindungsdrähte. Die Neusilberdrähte stehen unter sich ursprünglich nicht in Verbindung; sie können aber durch die starken verschiebbaren Messingklammern *K*, *K* an jedem beliebigen Punkt der Theilung paarweise in Verbindung gesetzt werden. Versieht man nämlich die Kupferstücke i' und i''''

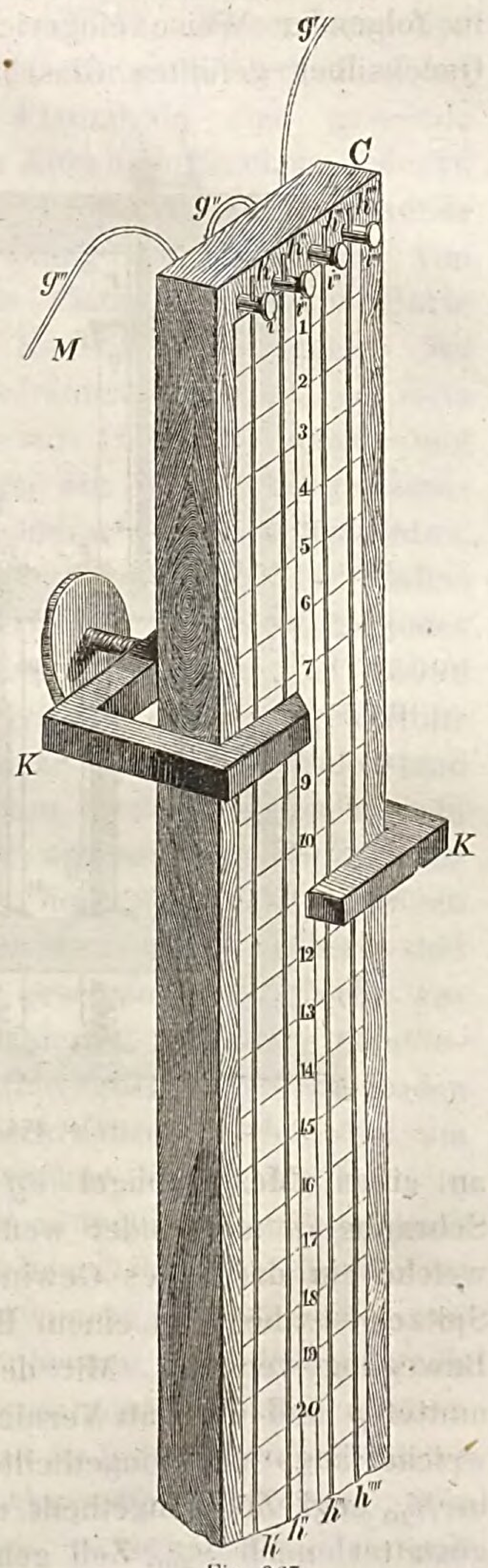


Fig. 263.

mit den Zuleitungsdrähten g''' und g' und verbindet i'' und i''' durch den Draht g'' mit einander, so müssen die Klammern mit ihren oberen Rändern auf die erforderlichen Theilpunkte der Scale geschoben und befestiget werden. Bei dem hier abgebildeten Exemplar beträgt der Gesammtwiderstand der Drähte so viel, als etwa 4800 Fuss Kupferdraht von 1''' Dicke, vorausgesetzt, dass der Leitungswiderstand des Neusilbers etwa 11,3 Mal so gross als der des Kupfers ist.

Andere Instrumente für den gleichen Zweck hat Jacobi angegeben und dieselben mit dem Namen Agometer bezeichnet. Auf die Beschreibung seiner Voltagometer [62] können wir hier nicht weiter eingehen, während die Einrichtung des von ihm angegebenen Quecksilber-Voltagometers ihre Erörterung finden soll Nach der von Jacobi darüber veröffentlichten Abhandlung [63] ist dieses Instrument in folgender Weise eingerichtet. Es besteht aus zweien bis zum Rande mit Quecksilber gefüllten Glasröhren *ab* und *cd* (*Fig. 264—265*), in welche zwei

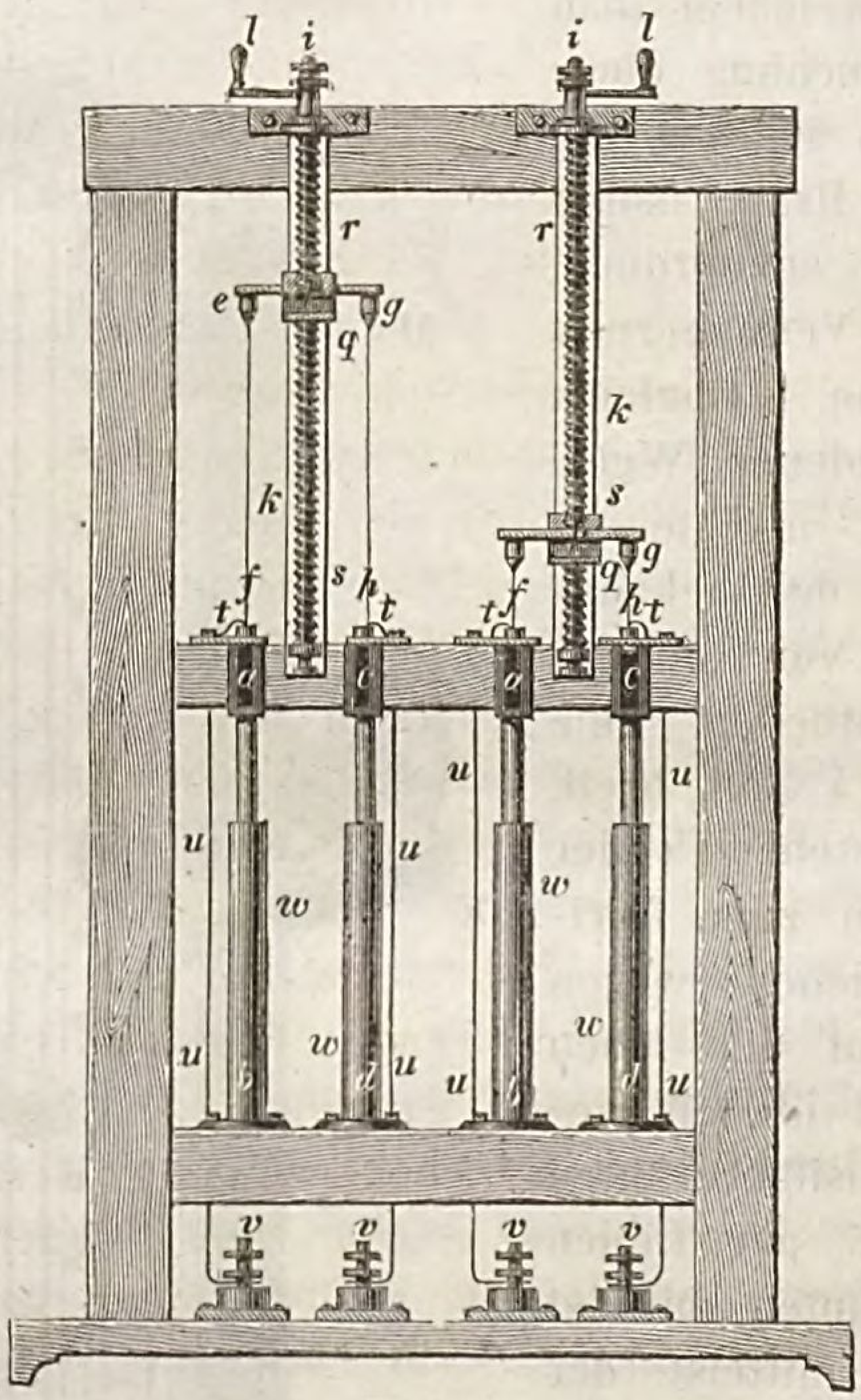


Fig. 264.

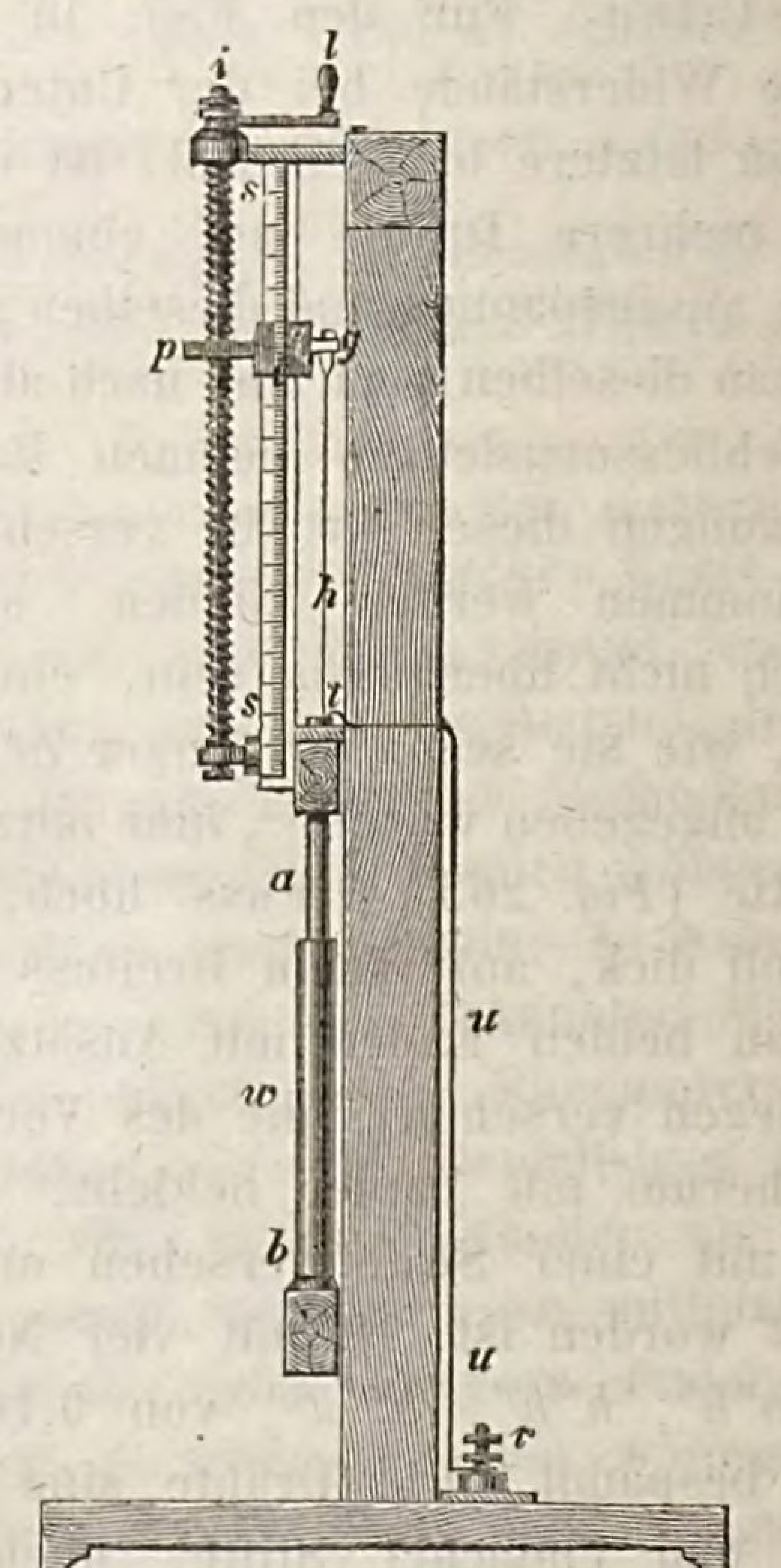


Fig. 265.

an einem Messingbügel *eg* befestigte Platindrähte *ef* und *gh* mittelst einer Schraube *ik* mehr oder weniger tief eingesenkt werden können. Die Schraube, welche ein dreifaches Gewinde von ungefähr $^3/_{20}''$ Steigung hat, ruht auf einer Spitze, ist aber von einem Halsbande umgeben und wird durch eine Kurbel *l* in Bewegung versetzt. Mit dem Messingbügel *eg* ist die bewegliche Schraubenmutter *p* und eine mit Vernier oder Zeiger versehene federnde Hülse *g* verbunden, welche längs der eingetheilten Scale *ss* auf- und niedergleitet. Die Scale ist in $^1/_{20}$ engl. Zoll eingetheilt und der Schieber hat bloss einen Zeiger, welcher gestattet, noch $^1/_{200}$ Zoll genau ablesen zu können. In die obere Oeffnung der

Quecksilberröhren tauchen zwei Platindrähte *t*, *t*, welche mit zwei dicken Kupferdrähten *u*, *u*, die bis zu den Klemmschrauben *v*, *v* herunterreichen, verbunden sind. Durch diese Klemmschrauben wird das System von veränderlicher Länge *e f g h* in den übrigen Theil der Kette eingeschaltet; *w w* sind messingene Hülsen, die zum Schutze der Glasröhren dienen. (Dass in der vorliegenden Abbildung [*Fig. 264*] zwei Quecksilbervoltagometer vereiniget zu einem Apparate dargestellt sind, ist ohnehin sichtbar.) Der angewandte Platindraht ist 0″,0355 dick, die Glasröhren haben 0″,35 Durchmesser und 9″ Höhe. Für jeden Zoll Platindraht, der aus dem Quecksilber gehoben wird, sinkt das Niveau desselben um 0″,01. Da aber zugleich hiedurch der Zuleitungsdraht *t* vom Quecksilber entblösst wird, so ist für jeden Zoll, der aus der Scale abgelesen wird, die wirkliche Länge des Platindrahtes = 1″,02. Diese Correction muss bei absoluten Maassbestimmungen in Rücksicht kommen, darf aber bei relativen Untersuchungen unterbleiben. Um dem Platindraht eine passende Führung zu geben, sind die Glasröhren mit dünnen Elfenbeinplättchen bedeckt in welchen eine Oeffnung angebracht ist. — Der ganze hier zu Gebote stehende Widerstand beträgt vermöge der erwähnten Anordnung 18″ Platindraht von 0″,0355 Durchmesser. Der Widerstand von einem Platindraht dieser Sorte zu 1″ Länge (engl.) wird für alle Messungen als Einheit angenommen. Mit Hülfe des Apparates sind die Widerstände von Hülfsdrähten bestimmt, so dass jeder einzelne Draht des Systems einem Platindraht von 16″ Länge (engl.) und der genannten Dicke oder dem 10fachen, 100fachen etc. dieser Länge äquivalent ist. Jedes solche Widerstandssystem besteht nämlich aus 11 Hülfsdrähten, die vorher so ajustirt worden sind, dass jeder derselben ungefähr 16″ Platindraht äquivalent war. Ein zweites, drittes und viertes System besteht jedes ebenfalls aus 11 Drähten, von denen jeder respective 160, 1600 und 16000 Einheiten Widerstand besitzt, so dass eines dieser Systeme immer durch Hülfe des vorhergehenden bestimmt werden kann. Der ganze disponible Widerstand wird demnach, wenn die Messungen der beiden letzten Systeme gemacht sein werden, ungefähr 195000 engl. Zoll Platindraht der angegebenen Dicke oder 391000 Fuss Kupferdraht von 0″,0643 Durchmesser äquivalent sein. Die zu diesen Widerstandssystemen angewandten Drähte bestehen aus Neusilber, sind doppelt mit Baumwolle umsponnen, nachher durch geschmolzenes Wachs gezogen und auf eine kleine Rolle aufgewickelt, die hierauf in einem gemeinschaftlichen Kasten befestiget und mit Gambey'schem Kitt vergossen sind. Die Enden der Drähte sind an Platten befestiget, welche mit Klemmschrauben versehen sind, um die nöthigen Verbindungen herzustellen. Die hier getroffene Einrichtung kann in mannigfaltiger Weise abgeändert und den verschiedenen Bedürfnissen angepasst werden. (Später hat Jacobi einen Etalon zum allgemeinen Gebrauche als Widerstandseinheit vorgeschlagen, der aus einem Kupferdraht von 22,4932 Grammen Gewicht, 7,61975 Meter Länge und 0,667 ^{mm} Durchmesser besteht und mittelst Kitt in einer Büchse eingeschlossen ist, um gegen Feuchtigkeit geschützt zu bleiben. Dieser Etalon ist auf absolutes Maass zurückgeführt und wird in Leipzig nachgebildet.)

Für manche Untersuchungen kann es als nothwendig erscheinen, den Strom einer Kette beständig auf derselben Grösse zu erhalten, oder auf

diese wieder zurückzubringen, wenn sich dieselbe geändert haben sollte. Da die in jeder Volta'schen Kette auftretenden Vorgänge fortwährende Stromesänderungen zur Folge haben, so muss bei jeder Untersuchung von Ketten sowohl, als auch für jede Art von Anwendungen es als wünschenswerth erscheinen, die Rheostaten so einrichten zu können, dass sie eine zeitweise Stromregulirung zulassen. Diese Stromregulirung kann nun entweder selbstständig sein, d. h. durch den in der Kette befindlichen Strom selbst eingeleitet werden, oder dieselbe wird durch die Einführung der passenden Zahl von Widerstandsrollen des Widerstandssystemes (*Fig. 258*, *D*, S. 557) bewerkstelliget. Unter den selbstwirkenden Stromregulatoren, von denen ohnehin in späteren Abschnitten noch die Rede sein wird, soll nun vorläufig einer, der für unsere vorliegenden Zwecke mit Nutzen angewendet werden kann, hier in Erwähnung kommen, da dieser sowohl für kleine, als auch für grosse äussere Widerstände, überhaupt für geringe sowohl, als auch für bedeutende Stromstärken anwendbar ist. Es ist diess der sogenannte Volta'sche Compensator von Wartmann [64], wie derselbe schon Ende des Jahres 1853 vorgeschlagen wurde und im Jahre 1855 auf der Pariser Industrie-Ausstellung figurirte. Das Princip dieser Einrichtung ist in der nebenstehenden Abbildung (*Fig. 266*) dargestellt. Auf einem in passender Weise angeordneten horizontal aufgestellten Brett befindet sich ein röhrenförmiger Elektromagnet *A*, ferner ein Triebwerk *M*, dann zwei Transmissionssysteme *D* und *J*, mit den Rheostaten *E* und *F* einerseits und der mit Kupferplatten geschlossenen und mit gesättigter Kupfervitriollösung gefüllten Röhre *K* andererseits, endlich ein System von Commutatoren (angedeutet in *Fig. 269*) zu dem noch zu erwähnenden Zwecke.

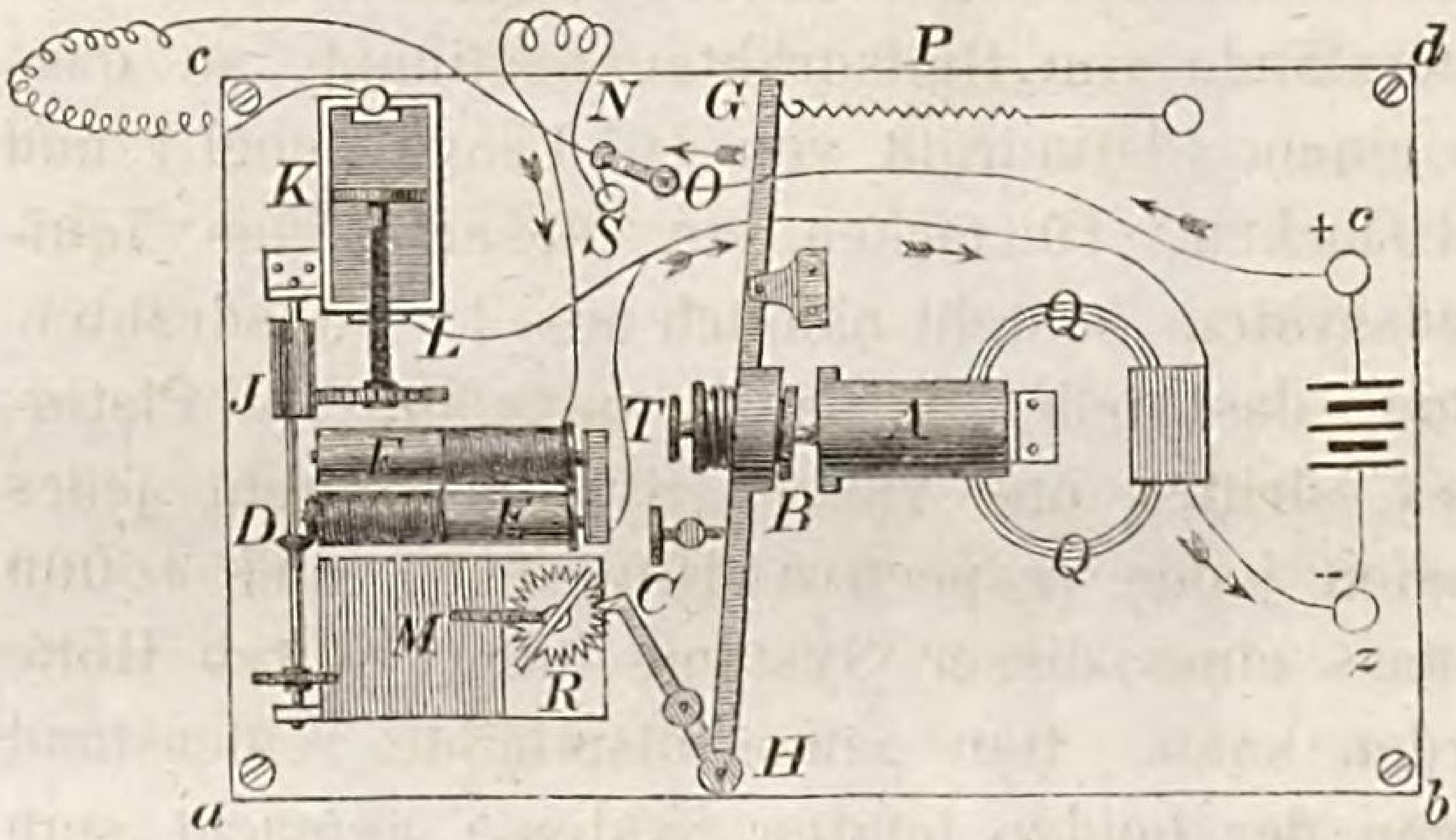


Fig. 266.

Was vor allem den Magneten *A* betrifft, so hat dieser die in *Fig. 267* bei *C* angedeutete Form, wo seine bewegliche Armatur *DD* mit der auf *C* aufgeschraubten Eisenplatte *E* angedeutet ist, *n* und *s* die Polenden, *d d* die Stellen bedeuten, wo der Umwickelungsdraht austritt. Der Anker kann mit der Platte *h* (*Fig. 268*) versehen

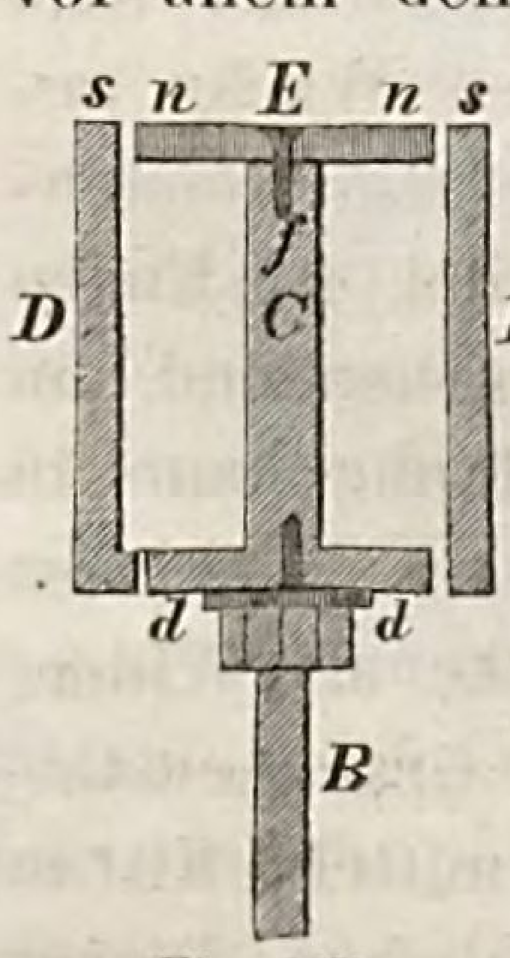


Fig. 267.

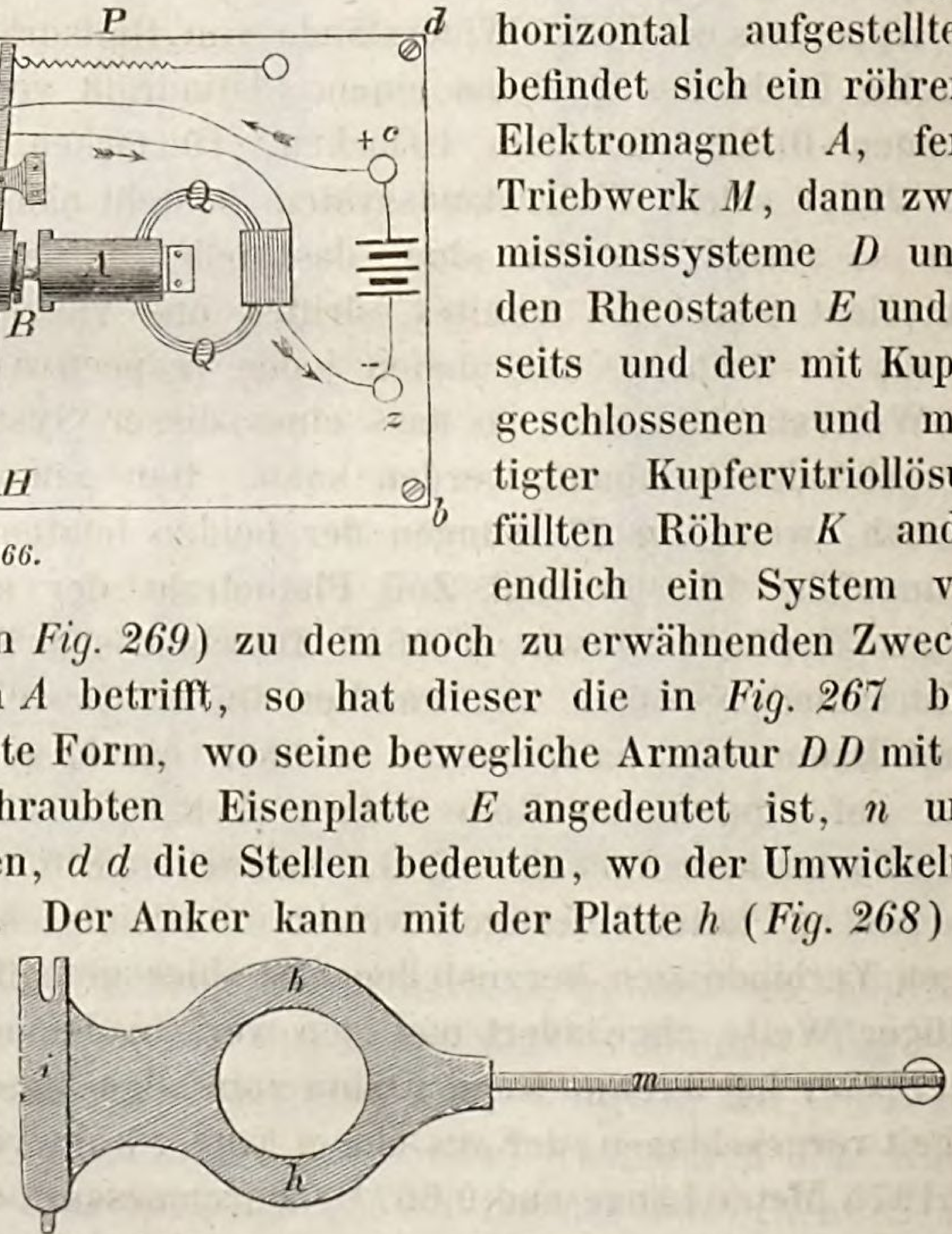


Fig. 268.

werden, wodurch derselbe innerhalb kleiner Grenzen beweglich gemacht wird. Der Elektromagnet ist mit verschiedenen von einander isolirten Drahtsystemen

aus dünnem und dickem Draht umgeben, und man kann so mittelst acht verschiedener Systeme denselben für grosse und geringe äussere Widerstände anpassen. Durch Abnehmen der Schraube *f* (*Fig. 267*) kann irgend ein solches System etc. über den Magneten geschoben werden. Für verschiedene schon darüber befindliche Systeme ist ausserdem der Apparat mit einem Commutator (*Fig. 269*) versehen, um beliebige Verbindungen herzustellen. Von diesem Commutator können wir bei unseren vorliegenden Zwecken absehen, da wir die Widerstände als gegeben ansehen dürfen. Die verschiedenen Drahtsysteme sind bei *Q* (*Fig. 266*) angedeutet. Der Ankerhebel *GH* (*Fig. 266*) ist an einem Ende *G* mit der Abreissfeder *P* versehen, die für eine bestimmte Stromstärke regulirt ist und bei Verkleinerung der letzteren den Anker abzieht. Die Stellung des Ankers *B* selbst kann durch die Schraube *T* gehörig regulirt werden. An seinem Ende *H* ist der Ankerhebel mit einem Winkelhebel versehen, dessen zweiter Arm *CH* die Hemmung des Uhrwerks bewerkstelliget. (Der Eingriff des Ankerhebels in den Hebel *CH* ist bei *i* [*Fig. 268*] sichtbar.) *E* ist ein Holz-, *F* ein Messingcylinder, deren Anordnung dieselbe ist wie bei dem Wheatstone'schen Rheostaten (*Fig. 258*, *A*, S. 557); nur wird hiebei die Drehung des Messingcylinders nicht mit der Hand, sondern mittelst des Mechanismus selbst ausgeführt. Endlich finden wir bei *K* innerhalb des flüssigen Widerstandes eine Metallplatte angebracht, die an einem Ende einer Schraube sich befindet, welche letztere wasserdicht durch den Metallboden des Rohres *K* geht und mittelst des Getriebes *J* etc. etc. in Drehung versetzt werden kann und so eine Annäherung der beweglichen Platte zur Oberplatte der Flüssigkeitsröhre bewerkstelliget, wodurch der Widerstand der Flüssigkeit vermindert werden kann. Der ganze Apparat ist nun so eingerichtet, dass der Strom entweder nur durch den Drahtrheostaten, oder nur durch den Wasserrheostaten geht, kann aber auch so abgeändert werden, dass er sich verzweigt, durch beide gleichzeitig geht. Wir wollen nun annehmen, der bei *NO* angedeutete um *O* drehbare Contaktstreifen sei so gedreht, dass *N* mit *S* in Berührung kömmt, und der Strom habe eine solche Stärke, dass der Anker *B* fest gegen die Armatur des Magneten *A* gedrückt werde, so macht nunmehr der Strom, welcher bei *c* in die Kette eintritt, den durch die Pfeile angedeuteten Weg, indem derselbe über *O* nach *S* durch den Rheostatendraht geht und durch den Elektromagneten *A* zur Kette nach *z* zurückkehrt. Würde nun plötzlich die Stromstärke geringer werden, so würde die Feder *P* den Ankerhebel *GH* — den Anker abreissend — drehen, dieser würde die Hemmung *HC* des Rades *R* auslösen, das Triebwerk würde in Gang kommen und es würde durch den Eingriff bei *D* eine Drehung der Rheostatencylinder eintreten. Diese Drehung bewirkt nun eine Abwickelung eines Theiles des Drahtes vom Holz- auf den Messingcylinder, also eine Verringerung der eingeschalteten Widerstände. Ist nun diese Verringerung so weit gediehen, dass der Strom wieder seine ur-

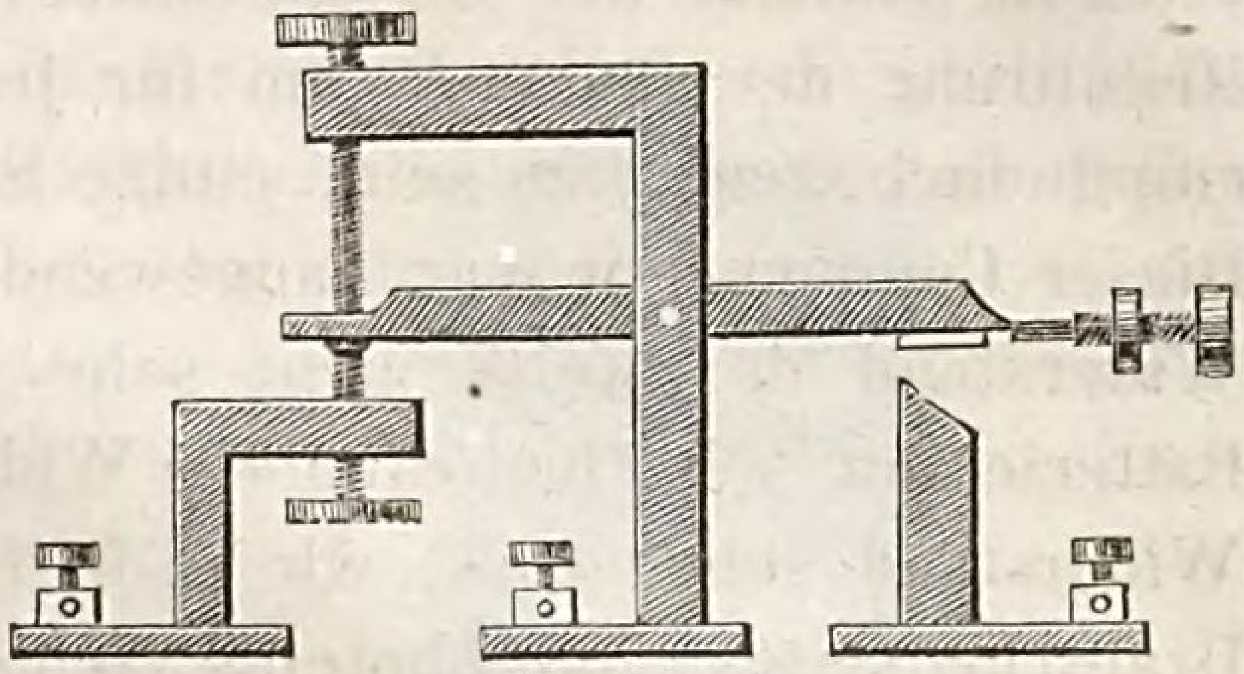


Fig. 269.

sprüngliche Stärke angenommen hat, so wird die Anziehungskraft des Elektromagneten *A* wieder grösser, als die elastische Kraft der Feder *P* sein; der Anker *B* geht daher wieder in seine ursprüngliche Lage zurück, und die Folge hievon ist wieder die durch den Ankerhebel *GH* bewirkte Arretirung des Uhrwerkes. In dieser Weise angeordnet, kann also der vorliegende Compensator nicht bloss zur Regulirung der Stromstärke einer Kette, sondern auch mit grossem Nutzen bei Stromesuntersuchungen benutzt werden. Nur möchte die Regulirung der Feder *P*, um für jede noch so kleine Abnahme der Stromstärke empfindlich genug zu sein, einige Schwierigkeiten beim Experimentiren darbieten. Dieser Compensator wird angewendet, wenn der innere (also auch der äussere) Widerstand der Kette nicht sehr bedeutend ist. Ist aber in die Kette eine Batterie mit sehr bedeutendem Widerstande eingeschaltet, also auch der äussere Widerstand sehr gross, wie z. B. bei Telegraphenketten, so ist der durch den Drahtrheostaten dargebotene Widerstand zu klein, um die Störungen der Stromstärken reguliren zu können. In diesem Falle wird also der flüssige Widerstand *K* in die Kette eingeschaltet und hiebei wird also der federnde Streifen bei *O* nach *ON* versetzt. Anfänglich wird man nun die in *K* befindliche Zwischenplatte so weit gegen *L* hin verrücken, als diess die ursprüngliche Stromstärke gestattet, damit der Anker *B* fest gegen die Stellschrauben der Armatur von *A* hingedrückt wird. Der Strom geht hiebei, der Richtung der Pfeile bloss bis *N* im Leitungsdrahte folgend, bei *K* in den flüssigen Widerstand, tritt durch die Stellschrauben etc. bei *L* wieder aus, um durch die Drahtwindungen des Elektromagneten *A* wieder nach *z* in die Batterie zurückzukehren. Wird die Stromstärke geringer, so geschieht, wie vorher, die Auslösung des Uhrwerkes und das Getriebe *J* wird durch Eingreifen in das der Schraube *L* angehörige Rad eine Drehung der Schraube so bewerkstelligen, dass die am Ende der letzteren angebrachte Elektrode dem oberen Ende des Gefässes *K* genähert, also der Widerstand vermindert wird. Hat nun der Strom seine frühere Stärke wieder angenommen, so wird das Uhrwerk wieder gehemmt. Diese Anordnung ist zwar sehr sinnreich; jedoch ist zu befürchten, dass durch die Aenderung des Widerstandes der Flüssigkeit mancherlei Störungen in der Wirksamkeit der Kette eintreten können. Wenn übrigens diese Störungen nur anfänglich eintreten und später keine Aenderungen durch Einwirkung des eingeschalteten Widerstandes mehr vorkommen könnten, so würden dieselben der Anwendung der vorliegenden Anordnung keinen Eintrag mehr thun. —

Ist die Leitungskette sehr lang, wie diess bei Telegraphenstrecken der Fall ist, so ist es zweckmässig, zur Regulirung des Stromes der einmal eingeschalteten Batterie einen Drahtrheostaten einzuschalten, welcher das Hinzufügen oder Hinwegnehmen bedeutend langer Widerstände gestattet, je nachdem die Stromstärke anfänglich zu gross ist, oder durch besonders eintretende Umstände auf eine zu kleine Grösse herabsinken sollte. Für diese Zwecke hat man Rheostaten nach Art des Widerstandsapparates von Wheatstone (*Fig. 258, D*) nöthig, und mit diesen reicht man auch in allen vorkommenden Fällen vollkommen aus, wenn man die Anzahl der Rollen, sowie die Drahtdicke in gehöriger Weise modificirt. Jedoch kommen die Rheostaten in der Telegraphen-

praxis in verschiedener Form vor und es mögen aus diesem Grunde einige derartige Einrichtungen hier noch in Erwähnung kommen. Ein Apparat von derselben Anordnung, wie diese schon früher (*Fig. 81*, S. 179) beschrieben worden ist, kann in etwas zusammengesetzterer Weise für die vorliegenden Zwecke dienlich sein. Bei dieser — von Eisenlohr angegebenen Anordnung — sind auf einem Holzcylinder (*Fig. 270*) in gleichen oder ungleichen Abständen massive Messingringe angebracht, die durch federnde Metallbrückchen *1*, *2*, *3*, *4*, *5* und *6* in leitende Verbindung gebracht werden können. Der Zwischenraum zwischen je zwei solchen Ringen ist mit übersponnenem, gut isolirtem feinen Neusilberdraht ausgefüllt, so dass der Anfang der ersten Spule an der Schraube *a*, sein Ende und der Anfang der zweiten Spule an dem Ringe der ersten Brücke etc. und endlich das Ende der letzten Spirale bei *b* festgeklemmt ist. Werden bei *a* und *b* die von den Enden der Batterie kommenden Drähte eingeklemmt — oder wird überhaupt der Rheostat mittelst *a* und *b* in passender Weise in die Kette eingeschaltet —, so wird sein Widerstand ganz ausfallen, wenn die sämmtlichen Brückchen in vertikaler Lage sich befinden und die Messingstreifen unter sich verbinden. Ist aber eines dieser Brückchen, z. B. Nr. 4 ausgerückt, so ist die Spule *4* eingeschaltet u. s. w. — Wählt man z. B. einen Neusilberdraht von etwas weniger als $^2/_5'''$ Dicke und nimmt für die erste Spule 80′, für die zweite 160′, . . ., so bieten die einzelnen Spulen Widerstände dar, die beiläufig zu 1 Meile, 2 Meilen, . . ., 6 Meilen respective angenommen werden dürfen. Würden daher die sämmtlichen Brückchen ausgerückt sein, so wären alle Spulen eingeschaltet, und der Kette würde also hiedurch ein Widerstand von 21 Meilen Kupferdraht von 1‴ Dicke hinzugefügt worden sein. Die Anwendungsweise dieses Rheostaten zum Reguliren der Stromstärke der Kette ist also für sich klar.

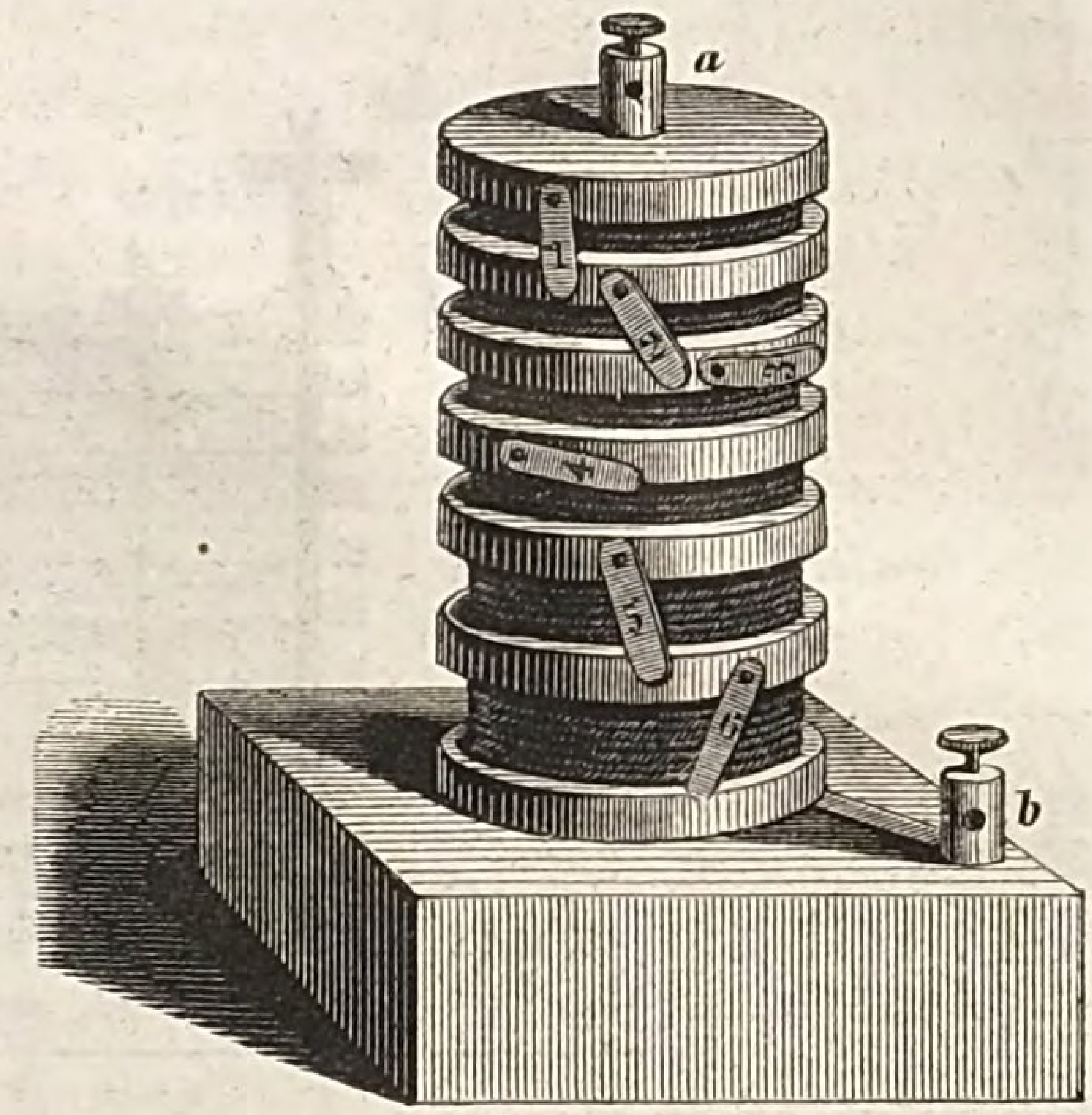


Fig. 270.

Eine andere, der vorigen ähnliche Einrichtung ist in *Fig. 271*, I. und II. (S. 578) dargestellt. Auf einem Messingcylinder *A* befinden sich 11 Messingscheiben, die durch Holzringe von einander isolirt sind. Jede der Holzspulen wird mit dem isolirten Rheostatendraht bewickelt, so dass die benachbarten Enden zweier solcher Drahtgewinde mit einer Messingplatte mittelst einer Schraube in Contact gebracht sind. Der Anfang der ersten Spirale ist an der obersten Platte oder an dem Cylinder befestiget und von da aus geht ein isolirter Draht nach einer Klemmschraube am Fussgestelle des Apparates, das Ende der letzten Spirale führt wieder zu einer zweiten Klemme. Alle Metallplatten sind senkrecht durchbohrt und können durch einen Metallstöpsel *M* unter sich verbunden werden. So viele Messingplatten der Stöpsel verbindet, ebenso viele Spiralen sind auch

dann ausgeschaltet. Wenn jede der Spiralen einem Widerstande von 1 Meile Kupferdraht äquivalent ist, so kann man mittelst des Apparates im Ganzen 10 Meilen Widerstand einschalten etc. — Neben diesem Rheostaten ist ein zweiter ganz ähnlicher angebracht, von dem jede Spirale beispielsweise $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{5}$ oder $\frac{1}{10}$ des Widerstandes von einer des ersten Apparates darbieten kann. Durch Verbindung von beiden Apparaten kann man daher auch noch Bruchtheile einer Meile etc. ein- und ausschalten[65].

I.

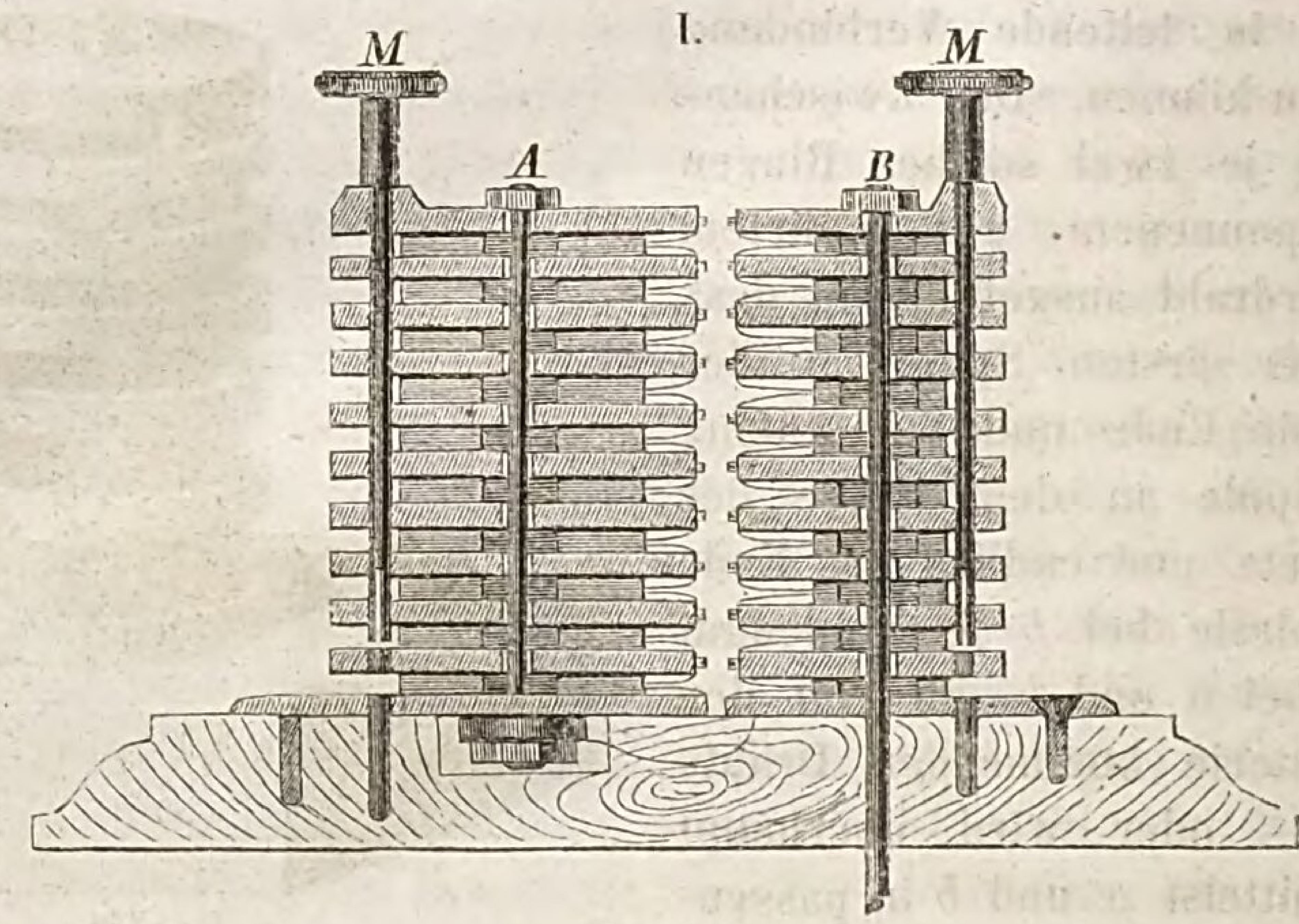
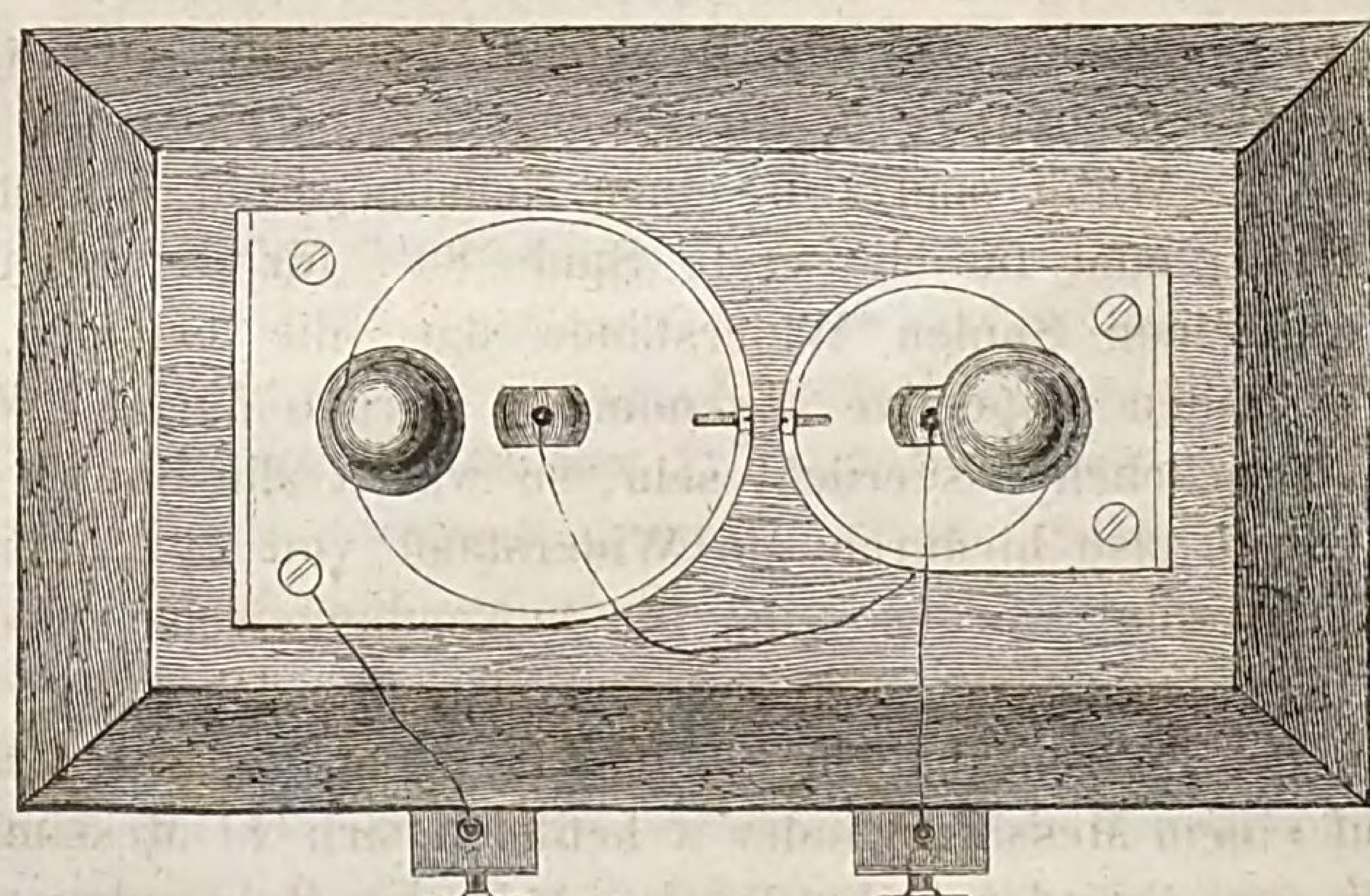


Fig. 271.

II.



Aehnliche und sehr zweckmässige Einrichtungen für telegraphische Zwecke wurden von Siemens und Halske, von Regnard u. A. construirt; die Anordnung derselben ist jedoch so leicht verständlich, dass die bisherigen Erläuterungen ausreichen dürften, um die Construction eines derartigen Apparates vornehmen zu können.

II. Verfahrungsweisen zur Bestimmung der elektrischen Kraft inconstanter Ketten. Die Grundprincipien für diese Methoden gehen aus

den folgenden Betrachtungen hervor. Es seien (*Fig.* 272) die gleich gerichteten Ketten *1*, *2*, *3* ... in *P* und *N* mit einander verknüpft, und diese Punkte noch durch den Schliessungsdraht *0* verbunden. Man hat dann zunächst folgende Grössen zu unterscheiden:

In	*0*	*1*	*2*	*3*	
Elektr. Kraft	—	k'	k''	k'''	
Widerstand	r	r'	r''	r'''	
Stromstärke	s	s'	s''	s'''	wenn Nr. 1 wirkt;
„	s_2	s_2'	s_2''	s_2'''	„ „ 2 „ ;
„	s_3	s_3'	s_3''	s_3'''	„ „ 3 „ ;
„	S	S'	S''	S'''	„ alle wirken.

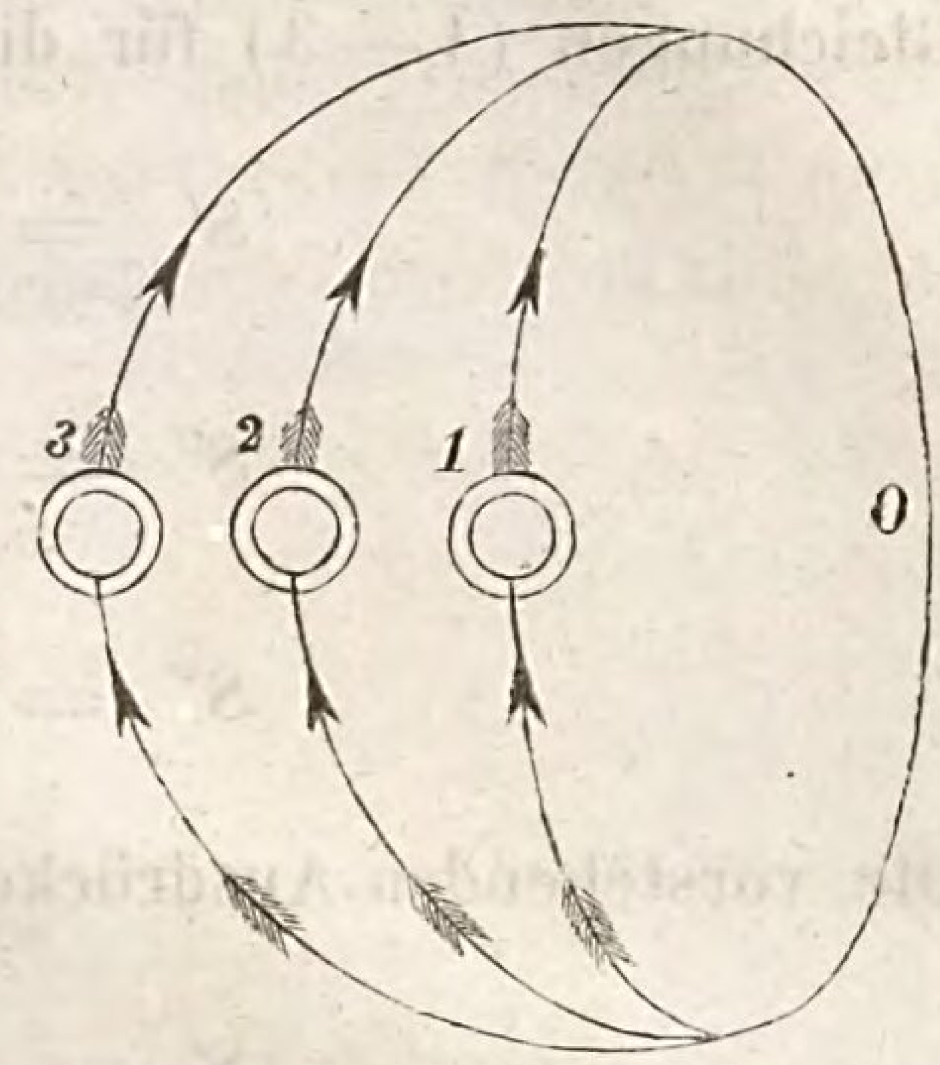


Fig. 272.

Da aus früheren Betrachtungen hervorgeht, dass — wenn die Richtung der partiellen Ströme berücksichtiget wird —

$$S = s + s_2 + s_3$$
$$S' = s' - s_2' - s_3'$$
$$S'' = s'' - s_2'' - s_3''$$
$$S''' = s''' - s_2''' - s_3'''$$

ist, so handelt es sich nur entweder um die Bestimmung der Ströme bei Einzelwirkung jener Ketten, oder um die Aufsuchung von S, S' ... bei Gesammtwirkung aller Ketten, um beziehungsweise die letzteren oder die ersten der genannten Stromstärken ermitteln zu können. Unsere Betrachtungen beschränken sich bloss auf diesen letzteren Fall. Nach dem allgemeinen von KIRCHHOFF nachgewiesenen Gesetze (S. 550) hat man nämlich in unserem vorliegenden Falle:

$$Sr + S'r' = k' \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1)$$
$$Sr + S''r'' = k'' \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 2)$$
$$Sr + S'''r''' = k''', \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 3)$$

und ausserdem ist

$$S = S' + S'' + S''' . \quad \ldots \ldots \ldots \quad 4).$$

Multiplicirt man die Gleich. 1) mit $r''r'''$, Gleich. 2) mit $r'r'''$, Gleich. 3) mit $r'r''$, addirt sodann dieselben und berücksichtiget Gleich. 4), so hat man:

$$rS\,(r''r''' + r'r''' + r'r'') + S\,r'r''r''' = k'r''r''' + k''r'r''' + k'''r'r'',$$

folglich

$$S = \frac{k'r''r''' + k''r'r''' + k'''r'r''}{r\,(r''r''' + r'r''' + r'r'') + r'r''r'''}$$

für die Grösse des Hauptstromes. Dividirt man Zähler und Nenner dieses Bruches mit dem Producte $rr'r''r'''$ aller Partialwiderstände, und setzt

$$\frac{1}{r'} + \frac{1}{r''} + \frac{1}{r'''} + \frac{1}{r} = t,$$

so hat man

$$S = \frac{1}{rt}\left(\frac{k'}{r'} + \frac{k''}{r''} + \frac{k'''}{r'''}\right) \quad \ldots \ldots \quad 5).$$

Unter Benutzung dieses Werthes erhält man daher aus den vorstehenden Gleichungen (1 — 3) für die Grösse der Partialströme die folgenden Werthe:

$$S' = \frac{1}{tr'}\left(\frac{k'(tr'-1)}{r'} - \frac{k''}{r''} - \frac{k'''}{r'''}\right)$$

$$S'' = \frac{1}{tr''}\left(\frac{k''(tr''-1)}{r''} - \frac{k'}{r'} - \frac{k'''}{r'''}\right)$$

$$S''' = \frac{1}{tr'''}\left(\frac{k'''(tr'''-1)}{r'''} - \frac{k'}{r'} - \frac{k''}{r''}\right).$$

Die vorstehenden Ausdrücke darf man auch in der folgenden Form anschreiben:

$$\left.\begin{aligned} S' &= \frac{k'}{r'} - \frac{1}{tr'}\left(\frac{k'}{r'} + \frac{k''}{r''} + \frac{k'''}{r'''}\right) \\ S'' &= \frac{k''}{r''} - \frac{1}{tr''}\left(\frac{k'}{r'} + \frac{k''}{r''} + \frac{k'''}{r'''}\right) \\ S''' &= \frac{k'''}{r'''} - \frac{1}{tr'''}\left(\frac{k'}{r'} + \frac{k''}{r''} + \frac{k'''}{r'''}\right) \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \quad 6).$$

Was endlich die Kette betrifft, die diesen Partialketten äquivalent ist, so ist deren Stromstärke S, ferner ihr Widerstand

$$R = r + \frac{1}{t - \frac{1}{r}} \quad \ldots \ldots \quad 7),$$

und daher die elektrische Kraft

$$K = SR,$$

folglich mittelst Gleich. 7) und 5):

$$K = \frac{1}{t - \frac{1}{r}}\left(\frac{k'}{r'} + \frac{k''}{r''} + \frac{k'''}{r'''}\right) \quad \ldots \ldots \quad 8).$$

Da bei den Anwendungen der in den Gleich. 5) und 6) enthaltenen Theorie nur zwei Ketten in der gedachten Weise combinirt werden, z. B. die ersten zwei, so reduciren sich jene Gleich. 5) und 6) auf folgende:

$$\left.\begin{aligned} S &= \frac{1}{tr}\left(\frac{k'}{r'} + \frac{k''}{r''}\right) \\ S' &= \frac{1}{tr'}\left(\frac{k'(tr'-1)}{r'} - \frac{k''}{r''}\right) \\ S'' &= \frac{1}{tr''}\left(\frac{k''(tr''-1)}{r''} - \frac{k'}{r'}\right) \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \quad 9).$$

Da ferner über die in den vorstehenden Gleichungen vorkommenden Werthe noch nichts festgesetzt ist, so kann man dieselben auch so wählen, dass einer

der in den letzten zwei Gleichungen vorkommenden Unterschiede wegfällt. Setzt man z. B. $S'' = 0$, was stattfindet, wenn entweder $r'' = \infty$, also $\frac{1}{r''} = 0$, oder wenn

$$\frac{k''(tr'' - 1)}{r''} = \frac{k'}{r'}$$

ist; führt man sodann in dieser Gleichung den Ausdruck

$$t = \frac{1}{r} + \frac{1}{r'} + \frac{1}{r''}$$

wieder ein, so erhält man

$$k''\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right) = \frac{k'}{r'},$$

wodurch also r'' ebenfalls ausfällt. Hieraus ist daher

$$k'' = \frac{r}{r + r'} k' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{A)},$$

und unter Benutzung der ersten zwei der Gleich. 9):

$$S' = S = \frac{k'}{r + r'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{B)}.$$

Aus Gleich. A) und B) wird daher

$$k'' = rS \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{C)}.$$

Die Gleichungen A) und C) geben also die Mittel an die Hand, die elektrische Kraft einer Kette mit der einer anderen zu vergleichen, oder auch durch die Stromstärke der letzteren auszudrücken. Diese beiden Verfahrungsweisen, bei welchen also die Combination so vorausgesetzt wird, dass der Strom einer Kette, deren Kraft bestimmt werden soll, nicht zu Stande kommen kann, heissen **Compensationsmethoden**; die Kraft k' der gegebenen Kette ist hiebei die compensirende. Diese Methoden setzen also entweder die Kenntniss der Stromstärke oder jene der elektrischen Kraft, sowie des Widerstandes der Hülfskette voraus, je nachdem man von der Gleichung C) oder von Gleich. A) Gebrauch machen will. Im ersteren Falle muss also ein Volta'sches Rheometer in Anwendung kommen; im letzteren Falle aber hat man zuerst nach einer der in den früheren Artikeln dieses Paragraphen beschriebenen Methoden die elektrische Kraft der Hülfskette zu bestimmen.

Das erste Verfahren [unter Benutzung von Gleichung A)] führt nun POGGENDORFF in folgender Weise aus. Man nehme irgend eine constante Kette von grosser Kraft, am besten eine GROVE'sche, und bestimme ihre elektrische Kraft k', sowie ihren Widerstand. Sodann verbinde man dieselbe mit der zu untersuchenden inconstanten (oder constanten) Kette von der elektrischen Kraft k'' auf die in beifolgendem Schema (*Fig. 275*, S. 582) angezeigte Weise; hierin bedeutet nämlich ZP die GROVE'sche Kette, und zwar Z die Zink-, P die Platinplatte, ferner KZ eine inconstante Kupferzinkkette, von welcher durch Z die Zink-, durch K die Kupferplatte angedeutet ist, während a, b und c die zur

Verknüpfung benutzten Kupferdrähte andeuten, und wobei der Draht c ein empfindliches Galvanometer enthalten soll, innerhalb b aber ein Rheostat eingeschaltet sich befindet. Der Draht a nebst den Flüssigkeiten der constanten Kette liefern zusammen den Widerstand r', der Draht b gewähre den Widerstand r, und man hat nun das Verhältniss dieser beiden Widerstände unter Anwendung des Rheostaten so zu bestimmen, dass in dem Drahte c kein Strom zu Stande kommen kann. Ist die Kette A eine inconstante oder unter den constanten eine solche, die raschen Aenderungen unterworfen ist, so hat man die Schliessung jedesmal nur momentan vorzunehmen und durch öfteres Wiederholen desselben Verfahrens, indem man die eine Kette durch Reinigen ihrer Bestandtheile stets gleichsam wieder zu erneuern sucht, und hierauf wieder r und r' auf das richtige Verhältniss gebracht werden, die Versuche zu vervielfältigen. Aus der Gleichung A) erhält man sodann

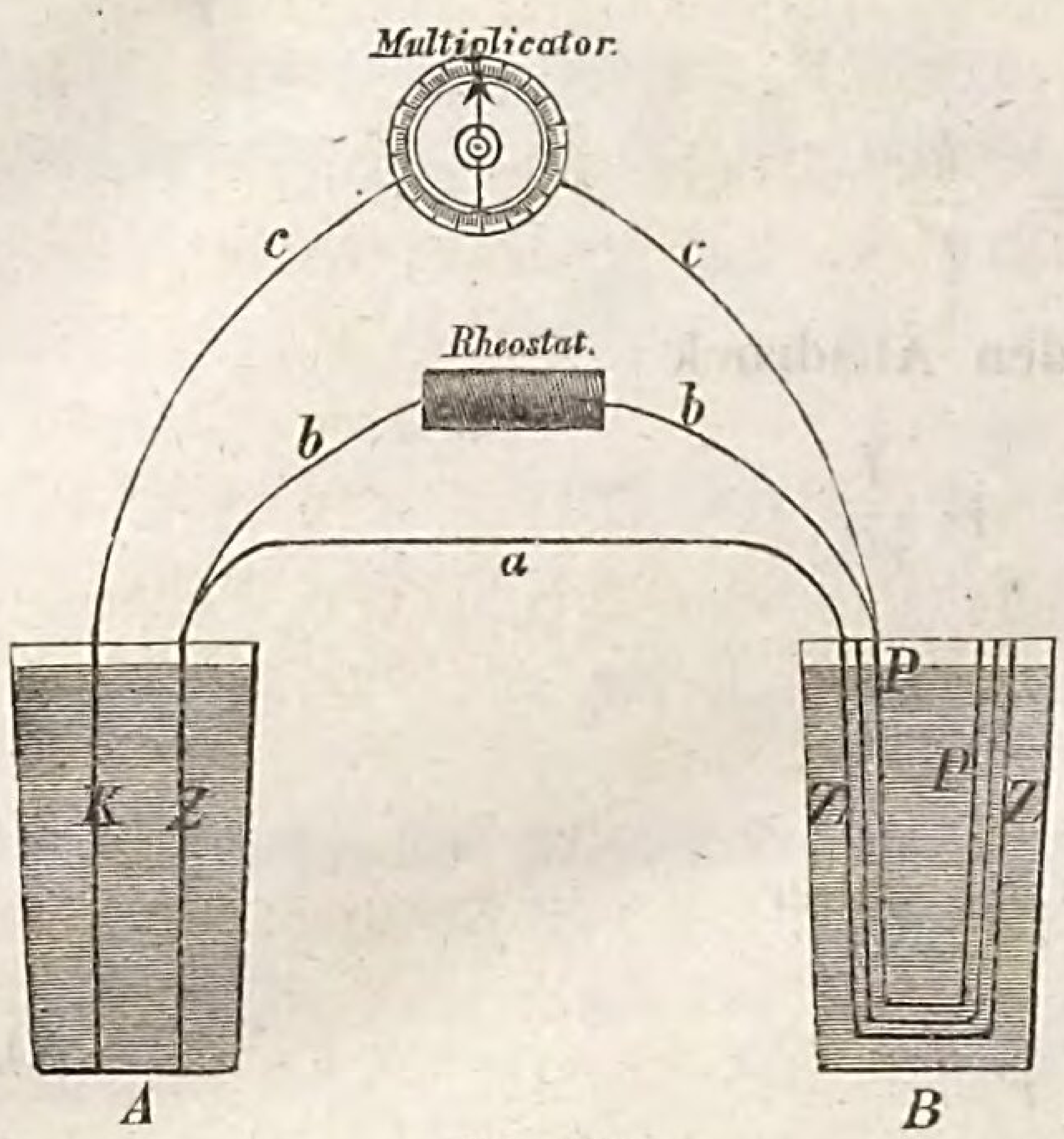


Fig. 273.

$$\frac{k''}{k'} = \frac{r}{r + r'}$$

das gesuchte Verhältniss zwischen den Kräften der zu untersuchenden und der als unveränderlich angenommenen Kette.

Um das in Gleichung C) enthaltene Resultat, nach welchem

$$k'' = rS$$

ist, in Anwendung zu bringen, benutze man wieder dieselbe Verbindung, wie diese durch das vorige Schema (*Fig. 273*) dargestellt ist; nur hat man sodann in den Draht b neben dem Rheostaten noch ein Volta'sches Messinstrument, etwa eine Sinus- oder eine Tangentenboussole einzuschalten und sodann in derselben Weise, wie vorher zu verfahren. Unter Benutzung einer Sinusboussole erhält man — unter Annahme der Unveränderlichkeit der Horizontalintensität des Erdmagnetismus, und diese gleich *1* gesetzt —

$$k'' = r \sin \alpha,$$

wenn α die beobachtete Ablenkung bedeutet, in dem Augenblicke, wo die Ströme im Multiplicator compensirt sind. Bezüglich weiteren Details über diese Methoden etc. beziehen wir uns auf die betreffenden Bearbeitungen [66]. — Zur Prüfung der Uebereinstimmung beider Methoden wurden von Poggendorff mancherlei Untersuchungen angestellt. Unter Anderem wurde eine Kadmium-Kupfer-Kette, die in einem Gemisch von 1 Theil Schwefelsäure + 16 Theilen Wasser sich befand, mit einer Grove'schen Kette verglichen. Hiebei ergaben sich bei zwei Versuchen, wovon der zweite eine Stunde nach dem ersten an-

gestellt wurde, die folgenden Zahlen, wobei w den inneren Widerstand der Grove'schen Kette bedeutet:

I.	II.
Grove'sche Kette: $r' = 29{,}25 + 4{,}87$	Grove'sche Kette: $r' = 29{,}51 + 5{,}14$
$k' = 17{,}995$; $r = 23{,}52$	$k' = 18{,}201$; $r = 23{,}27$
$w = 4{,}87$; $\alpha = 18^0\ 25'$	$w = 5{,}14$; $\alpha = 18^0\ 40'$
$k'' = \frac{r}{r + r'}\, k' = 7{,}343$	$k'' = \frac{r}{r + r'}\, k' = 7{,}346$
$k'' = r \sin \alpha = 7{,}430$	$k'' = r \sin \alpha = 7{,}447$

Hieraus, sowie aus anderen Versuchen, geht also eine genügende Uebereinstimmung der beiden Methoden hervor. Eine grosse Reihe von Versuchen, die nicht bloss die Richtigkeit des Compensationsverfahrens auf experimentellem Wege darlegten, sondern auch die leichte Anwendbarkeit der zweiten Methode in volles Licht setzten, wurde später von Poggendorff veröffentlicht; es mag genügen, hier auf die betreffende Abhandlung aufmerksam gemacht zu haben [67].

Auf mehrere Vereinfachungen der eben beschriebenen Methoden hat Bosscha aufmerksam gemacht [68]. Bei der einen von Bosscha vorgeschlagenen Abänderung, die sich auf die Vergleichung constanter Ketten bezieht, wird beiläufig in folgender Weise verfahren: Man verbinde die ungleichnamigen Pole der beiden Ketten, und regulire die Widerstände der Verbindungsdrähte so, dass, wenn letztere durch einen Zweigdraht verbunden werden, in dem ein Multiplicator eingeschaltet sich befindet, der letztere keinen Strom anzeigen kann. Sind unter diesen Umständen die Widerstände der ersten Art, incl. den Widerständen der Ketten beziehungsweise r_1 und r_2, die elektrischen Kräfte k' und k'', so muss

$$k' r_2 - k'' r_1 = 0,$$

also

$$\frac{k'}{k''} = \frac{r_1}{r_2}$$

sein. Schaltet man nun in dem Zweige r_1 einen Widerstand a und gleichzeitig in dem Zweige r_2 den Widerstand b von der Art ein, dass wieder die Nadel des Multiplicators eine Abweichung nicht zeigen kann, so hat man

$$\frac{k'}{k''} = \frac{r_1 + a}{r_2 + b},$$

folglich wird mit Hülfe der vorigen Gleichung

$$\frac{k'}{k''} = \frac{a}{b}.$$

Man erhält also das Verhältniss der elektrischen Kräfte ohne directe Messung der Widerstände r_1 und r_2. —

Eine zweite Modification besteht darin, dass man bei der oben angegebenen Anordnung (*Fig. 273*, S. 582) zwei Widerstände a und b so einfügt, dass der vorige Gleichgewichtszustand keine Störung erleidet. Vor der Einschaltung dieser Widerstände hat man nämlich (Gleichung A, S. 581):

$$k'r = k''(r + r'),$$

hingegen nach Einschaltung der letzteren:

$$k'(r + a) = k''(r + r' + a + b).$$

Zieht man von dieser die vorige Gleichung ab, so hat man:

$$k'a = k''(a + b),$$

oder

$$k'' = \frac{a}{a + b} k',$$

wodurch also k'' durch k' ausgedrückt werden kann, ohne dass man vorher r und r' bestimmt hat.

§. 91. Ueber einige Verfahrungsweisen, welche den alleinigen Zweck haben, die Stromstärke einer Kette zu bestimmen.

In dem vorigen Paragraphe sind die Methoden angegeben worden, die bei technischen Untersuchungen ohne grosse Mühe angewendet werden können, um die elektrische Kraft und den Widerstand einer Kette bestimmen zu können. Sind diese Elemente bekannt, so kann man jede Anordnung machen, um eine beabsichtigte Wirkung zu erzeugen, wenn überhaupt die herrschenden Umstände die Ausführbarkeit der Anordnung begünstigen. Bei den Methoden der ersten Art (S. 551 f.) ist die Stromstärke der zu untersuchenden Kette für jeden der eingeschalteten Widerstände als bekannt angenommen worden, da hiebei jedesmal die Anwendung eines der in §. 89 beschriebenen Rheometer vorausgesetzt wurde. Die Methoden der letzten Art aber (S. 554 f.) haben die Kenntniss der Stromstärke nicht vorausgesetzt, man könnte vielmehr, wenn elektromotorische Kräfte und Widerstände auf bekannte Maasseinheiten zurückgeführt werden, aus diesen Elementen bei jedem gegebenen äusseren Widerstand die Stromstärke in Haupt- und Nebenleitern leicht berechnen. In dem Folgenden soll nun noch auf einige derjenigen Verfahrungsweisen aufmerksam gemacht werden, nach welchen man mittelst einfacher Hülfsmittel Stromesmessungen vornehmen und wie man die erhaltenen Versuchsresultate auf bekannte Einheiten zurückführen kann.

Die Stärke des Stromes einer Kette ist bekannt, wenn man dieselbe so bestimmt, dass man ihre Grösse durch eine bekannte Kraft auszudrücken im Stande ist. Hiefür bieten sich nun verschiedene Wege dar, die entweder unmittelbar oder indirect auf die Stromstärke führen. Jede dieser Methoden ist aber abhängig von der Beschaffenheit der Maasseinheit, durch welche man die Stromstärke auszudrücken beabsichtiget. Die mittelst der magnetischen Rheometer gemessenen Stromstärken werden auf die Horizontalintensität des Erdmagnetismus zurückgeführt; die Messungen mittelst der chemischen Rheometer nehmen als Einheit eine bestimmte Stromstärke an, jene nämlich, welche in der Zeiteinheit ein bestimmtes Quantum Wasser zu zersetzen vermag; endlich die Messungen, bei welchen ein graduirtes Rheoskop nicht benutzt wird, führen die Stromstärke auf irgend eine als Einheit bei den Messungen benutzte Kraft

zurück. Es soll jetzt nicht untersucht werden, welche von den verschiedenen Stromeinheiten für technische Anwendungen als die geeignetste erscheinen dürfte; wir wollen vielmehr zuerst noch einige unter den vielen bekannt gewordenen Methoden zur Messung der Stromstärke hervorheben, die theils ohne Anwendung eines eigentlichen Rheometers ausgeführt werden, theils aber die Ermittelung des Werthes der Angaben eines Rheometers zum Zwecke haben.

Die einfachsten Methoden sind offenbar die, welche unmittelbar aus den Angaben des Rheometers die Stromstärke erkennen lassen; von diesen ist oben schon im Allgemeinen und so weit die Rede gewesen, als der vorliegende Zweck es erfordert. Diesen Methoden nähert sich bezüglich ihrer Einfachheit die von FECHNER benutzte Oscillationsmethode [69]. Das Wesen dieses Verfahrens besteht im Allgemeinen darin, dass man auf die Nadel des Galvanometers zuerst bloss die Horizontalintensität des Erdmagnetismus, hierauf die Stromkraft vereint mit jener einwirken lässt, und die Stromintensität mit der Horizontalkraft des Erdmagnetismus mittelst der beobachteten Oscillationen vergleicht. Nehmen wir an, das Galvanometer sei mit einer einfachen Nadel versehen und man stelle die Windungen desselben so, dass die Stromrichtung senkrecht gegen die Nadel bei geschlossener Kette einwirke, und sei vorläufig der Strom noch nicht hergestellt. Bringt man nun die Nadel durch momentane Einwirkung eines in die Nähe gebrachten Magnetpoles aus ihrer Ruhelage, so kömmt dieselbe durch andauernde Einwirkung der Horizontalintensität H in Schwingungen. Zählt man nun die Schwingungen, welche die Nadel innerhalb einer gewissen Zeit, z. B. während einer Minute vollführt, oder zählt man die Zeiteinheiten, welche die Nadel bedarf, um eine bestimmte Zahl von Schwingungen zu machen, und war der ursprüngliche Schwingungsbogen klein, so kann man aus der Schwingungszahl n auf die Grösse der Horizontalkraft, unabhängig von der Grösse der Schwingungsamplitude schliessen. Lässt man nun die Stromkraft in gleichem Sinne, wie jene, also vereint mit dieser auf die Declinationsnadel einwirken, so wird die Zahl der Schwingungen in derselben Zeit grösser sein, als vorher, und gesetzt, sie sei jetzt N. Ist die Grösse der — als unveränderlich angenommenen — Stromkraft gleich S, so hat man:

$$S + H : H = N^2 : n^2,$$

also

$$S : H = N^2 - n^2 : n^2,$$

folglich

$$S = \frac{N^2 - n^2}{n^2} H,$$

oder

$$S = \left[\left(\frac{N}{n}\right)^2 - 1\right] H$$

die Stromstärke, ausgedrückt durch die Horizontalintensität des Erdmagnetismus. Diese Methode bietet mancherlei Vortheile dar, indem sie nur ein gewöhnliches Galvanometer erfordert, leicht durch geringe Modificationen zur Messung starker und schwacher Ströme benutzt werden kann, und ausserdem einen Genauigkeitsgrad erlangen lässt, den keine der übrigen Verfahrungsweisen für sich in

Anspruch nehmen kann. Ihre Anwendung stösst aber auch auf mancherlei Hindernisse, da dabei vorausgesetzt ist, dass das magnetische Moment der Nadel während der Messungen unverändert bleibe, was in der Wirklichkeit nicht der Fall ist; ferner eignen sich nicht immer die disponiblen Lokalitäten für derlei Messungen, die eine feste gegen alle äusseren Einwirkungen isolirte Aufstellung des Galvanometers erfordern, ausserdem erfordern Beobachtungen dieser Art eine Uebung und Ausdauer, die man bei Arbeiten der vorliegenden Zwecke nicht voraussetzen kann etc. — Aus diesen und ähnlichen Gründen zieht man gewöhnlich die Methode der Ablenkungen jener vor.

Eine Methode, welche v. Feilitzsch angegeben hat [70], setzt ebenfalls nur geringe Hülfsmittel voraus, indem hier nur ein einfaches horizontales Magnetoskop, das in einer Declinationsnadel besteht, zur Benutzung kömmt, die Stromstärke aber nicht direct mit der Horizontalintensität des Erdmagnetismus, sondern mit dem magnetischen Momente eines Stabmagneten verglichen wird. — Ein in Centimeter eingetheilter, 2 Meter langer Magnetstab steht genau senkrecht auf dem magnetischen Meridian und hat seinen Nullpunkt in der Mitte. Ueber letzterem schwebt eine sehr kleine, kaum 2 Centimeter lange Magnetnadel über einem getheilten Kreise unter einer Glasglocke. Auf der einen Seite des Nullpunktes kann auf dem Maassstabe eine Kupferspirale von der Länge $2a$, auf der anderen Seite ein Magnetstab von derselben Länge mittelst eines Schlittens verschoben werden, um die Entfernung von dem Nullpunkte sehr genau messen zu können. Schliesst man nun die zu untersuchende Kette mittelst der Spirale, so wird die Nadel abgelenkt, und verschiebt man jetzt den Magnetstab so, dass die Nadel wieder in ihre ursprüngliche Ruhelage zurückkömmt, so werden die Wirkungen beider einander gleich sein. Ist daher S die Stromstärke, F die ablenkende Kraft des Magneten in der Entfernung gleich 1; befand sich ferner die Mitte der Spirale vom Nullpunkte in der Entfernung r, die Mitte des Stabes aber von diesem Punkte in der Distanz ϱ, so hat man

$$S = \frac{\frac{1}{(\varrho - a)^2} - \frac{1}{(\varrho + a)^2}}{\frac{1}{(r - a)^2} - \frac{1}{(r + a)^2}} F.$$

Die Genauigkeit dieser Methode wurde durch mehrfache Untersuchungen festgestellt; sie mag jedoch der damit verbundenen secundären Untersuchungen halber, sowie wegen der Unbequemlichkeiten in der Rechnung und darin in der Anwendung auf Hindernisse stossen, dass dieselbe zur Messung starker Ströme nicht ausreicht.

Sehr vortheilhaft sind die Methoden, nach welchen ein und dasselbe Galvanometer nach verschiedenen Stromstärken graduirt wird, denen eine bekannte Einheit zu Grunde liegt. Ein allgemeines Verfahren hiefür ist von Poggendorff [71] angegeben worden, wobei vorausgesetzt ist, dass das Drahtgewinde, von welchem die Nadel umgeben ist, auf einem in einer horizontalen Ebene drehbaren Rahmen sich befindet. Dieses Verfahren findet man im XIX. Bande der „Encyklopädie der Physik" (S. 69—74) ausführlich dargestellt.

Eine von PETRINA angegebene Methode[72] besteht in Folgendem: Nimmt man eine mit einem Maassstab versehene Quecksilberrinne von 4 Quadratlinien Querschnitt oder einen eingetheilten starken Kupferstab und schaltet jene oder diesen in die Kette ein; bringt sodann die Drahtenden eines empfindlichen Galvanometers in die Rinne nach und nach in verschiedenen Entfernungen (oder beziehungsweise mit dem Kupferstab in verschiedenen Distanzen in Berührung), so erhält man im Galvanometer Ströme, deren Grössen sich zu einander verhalten, wie die respectiven Entfernungen der Drahtenden. — Die Umstände, unter welchen diese Beziehung stattfindet, lassen sich aus der folgenden Entwickelung erkennen. Es sei r der Widerstand der Kette bis zur Nebenschliessung $= r'$, der des Galvanometers $= r''$, so wird die Stärke des Hauptstromes S ohne Galvanometer:

$$S = \frac{k}{r + r'},$$

wenn k die elektrische Kraft der Kette bezeichnet. Legt man nun die Enden des Multiplicatordrahtes in der vorigen Entfernung in die Rinne, so wird die Stromstärke s im Galvanometer:

$$s = \frac{kr}{r'(r + r'') + rr''} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 1).$$

Verschiebt man jetzt die Drahtenden, so dass der Widerstand um w grösser wird, so geht r in $r + w$ und r' in $r' - w$ über, und man erhält jetzt für die Stärke s_1 des Stromes im Galvanometer:

$$s_1 = \frac{k(r + w)}{(r' - w)(r + w + r'') + (r + w)r''}$$

oder

$$s_1 = \frac{k(r + w)}{r'(r + r'') + rr'' + w[r' - (r + w)]} \quad \ldots\ldots \quad 2)$$

Aus 1) und 2) ergibt sich:

$$\frac{s}{s_1} = \frac{r[r'(r + r'') + rr'' + w\{r' - (r + w)\}]}{(r + w)[r'(r + r'') + rr'']}$$

oder

$$\frac{s}{s_1} = \frac{r}{r + w} \cdot \left[1 + \frac{w[r' - (r + w)]}{r'(r + r'') + rr''}\right].$$

Den Bedingungen gemäss kann man

$$\frac{w[r' - (r + w)]}{r'(r + r'') + rr''} = 0$$

setzen, wenn w vernachlässiget oder gleich 0 gesetzt werden darf, oder auch, wenn $r' = r + w$ ist, folglich ist

$$\frac{s}{s_1} = \frac{r}{r + w}, \quad \text{d. h.} \quad s_1 : s = r + w : r,$$

wodurch also die Graduirung leicht vorgenommen werden kann. Ebenso wird es leicht sein, auf diese Weise überhaupt die Stromstärken zweier Ketten mit einander zu vergleichen.

Wheatstone hat folgendes Verfahren angegeben, um die Beziehungen zwischen den Ablenkungen der Galvanometernadel und den entsprechenden Stromstärken zu bestimmen: Man regulire mittelst des Rheostaten und der Widerstandsrollen die reducirte Länge der Kette (deren elektromotorische Kraft jedoch eine Aenderung dabei nicht erfahren darf) in der Art, dass die Ablenkung der Nadel gerade 1° beträgt. Hierauf verringere man den Widerstand der Kette successiv auf $1/2$, $1/3$, $1/4$, $1/5$ u. s. w, so sind, da bei gleichbleibender elektrischer Kraft die Stromstärken sich ebenso, wie die Widerstände umgekehrt sich verhalten, die Stromstärken *2*, *3*, *4*, *5* u. s. w. Umgekehrt, hat man ermittelt, welche reducirte Längen a, b, c, d u. s. w. aus der Kette entfernt werden müssen, damit die Ablenkung von irgend einem Grad um einen Grad steigt, so sind die diesen Graden entsprechenden Stromesgrössen:

$$\frac{1}{R},\ \frac{1}{R-a},\ \frac{1}{R-(a+b)},\ \frac{1}{R-(a+b+c)}\ \text{etc.}$$

Nachdem wir nun die für praktische Zwecke wichtigsten Methoden zur Ermittelung der Stromstärke einer Kette kennen gelernt haben, so ist es nothwendig, noch eine Bemerkung anzufügen, welche sich auf die bei solchen Messungen zu Grunde gelegte Stromeinheit bezieht. Bei derartigen Messungen kann es sich entweder darum handeln, die Stärken zweier Ströme unter verschiedenen Umständen mit einander zu vergleichen, oder die Stromstärke auf ein bekanntes unveränderliches Maass zurückzuführen. Die Methoden, welche zur absoluten Messung von Strömen vorgeschlagen worden sind, hier näher zu besprechen, kann nicht unsere Absicht sein, da dieselben vielmehr der Lehre vom Galvanismus angehören und ausserdem eine theilweise Berücksichtigung bei einer anderen Gelegenheit schon gefunden haben. Die von W. Weber hiefür vorgeschlagene Methode besteht im Allgemeinen darin, in die Kette ein Messinstrument einzuschalten, das die unmittelbare Zurückführung der Stromstärke auf die Horizontalintensität des Erdmagnetismus gestattet. Schaltet man gleichzeitig in die Kette eine Zersetzungszelle ein und beobachtet während bestimmter Zeitintervalle die Menge der Zersetzungsproducte dem Volumen oder dem Gewichte nach, so erhält man durch den Quotienten aus der bei diesen Messungen erhaltenen Grösse, getheilt durch das Product aus der Stromstärke in die Dauer der Messungen, eine Grösse, welche unter Anwendung von Flüssigkeiten, aus welchen stets dieselben Producte ausgeschieden werden, immer denselben Werth liefern muss. Bei Anwendung von wässerigen Lösungen, von verdünnten Säuren etc. etc. wird man, wenn bloss das zersetzte Wasserquantum oder statt des letzteren die aus demselben erhaltenen Gase quantitativ bestimmt werden, das sogenannte elektro-chemische Aequivalent des Wassers erhalten. Dass derlei Messungen auf sehr genaue Resultate führen können, ist schon oben (S. 537) gezeigt worden. Einen ähnlichen Weg hat auch Buff eingeschlagen, um diejenige Elektricitätsmenge zu bestimmen, welche 1 Milligramm Wasserstoff in der Zeiteinheit ausscheidet, oder diejenige, welche 1 Milligramm Silber aus neutralem salpetersauren Silber in der Secunde zersetzt etc., wodurch sodann die sogenannte Empfindlichkeit der hiezu benutzten Tangenten-

boussole ermittelt werden konnte. Diese Methoden setzen aber einerseits eine Grösse als constant voraus, die es in der Wirklichkeit nicht ist, da die Horizontalintensität des Erdmagnetismus nicht bloss von einem Orte zu einem anderen sich ändert, sondern auch an einem und demselben Orte mannigfachen Aenderungen unterworfen ist, die zwar an und für sich sehr gering sind, aber dennoch nicht ausser Rücksicht kommen dürfen, wenn es sich um die Annahme einer unveränderlichen Maasseinheit handelt. Zu diesen Umständen kommt noch ausserdem der, dass derlei Untersuchungen nicht bloss sorgfältige Messungen erfordern, sondern auch viel zu weitläufig sind, um sie innerhalb kurzer Zeit ausführen zu können, dass ihre Ausführung die Benutzung passender Beobachtungslokalitäten voraussetzt etc. — (Von den ausführlichen Arbeiten Weber's über diesen Gegenstand wird in §. 92 kurze Erwähnung gemacht; die hiebei eingeschlagenen Methoden sind im XIX. Bande der „Encyklopädie" §. 28 enthalten.) Für rein praktische Zwecke muss man daher von der Anwendung derselben abstehen und die Stromstärke auf relative Maasse zurückführen. Unter den Methoden der letzteren Art kann vor allem die genannt werden, bei deren Anwendung der Strom einer bestimmten constanten Volta'schen Kette, deren Widerstand sehr gross ist, bei einer gegebenen Länge etc. etc. des Schliessungsdrahtes als Einheit angenommen wird. Der Strom irgend einer anderen Kette kann dann leicht auf die Einheit zurückgeführt werden, wenn man entweder die Constanten der Ketten nach den obigen Methoden (S. 554) bestimmt, oder wenn man bei den Messungen der wirklichen Rheometer sich bedient. Dieses Verfahren muss als sehr vortheilhaft bezeichnet werden; nur ist es nothwendig, als Normalkette eine solche zu wählen, die wirklich als constante bezeichnet werden darf. Es wurde hiefür von Pouillet schon vor längerer Zeit ein thermo-elektrisches Element aus Wismuth und Kupfer vorgeschlagen, das bei der Länge des Schliessungsdrahtes aus Kupfer von 20 Meter Länge und 1^{mm} Dicke einen Strom liefert, wenn die eine Löthstelle auf eine Temperatur von 100^{0} C., die andere auf 0^{0} C. gebracht wird. Bei unseren vorliegenden Anwendungen würde die Benutzung dieser Normalkette auf mancherlei Schwierigkeiten führen. und nebenbei dürfte auch wohl erwogen werden, ob diese Einheit wirklich eine sichere ist. Hingegen ist es nicht unmöglich, unter den abgeänderten Constructionen der Daniell'schen Kette eine solche auszuwählen, die allen Anforderungen der Praxis in dieser Beziehung entspricht und die man zu jeder Zeit wieder von derselben Beschaffenheit herstellen kann. Diese Ansicht wird u. A. durch die Versuche, welche Buff mit seinem constanten Kupferzink-Elemente anstellte, unterstützt.

Ein anderes zweckmässiges Verfahren besteht darin, als Stromeinheit diejenige zu wählen, die in einer bestimmten Zeiteinheit eine bestimmte chemische Wirkung zu erzeugen vermag. Bei Anwendung dieser Methode ist es zweckmässig, entweder ein magnetisches Rheometer für die Messung der Stromstärke zu benutzen, oder ein Galvanometer so zu graduiren, dass seine Angaben unmittelbar die chemischen Maasseinheiten ausdrücken. Dieses Verfahren setzt voraus, dass jeder magnetischen Wirkung eine ganz bestimmte chemische entspricht. Dass diess der Fall ist, geht zwar schon aus früheren Betrachtungen (s. S. 533 f.) hervor; es wird diess aber noch mehr ein-

leuchtend, wenn man die hierüber bekannt gewordenen Versuche näher betrachtet. Derartige Untersuchungen hat u. A. JACOBI vorgenommen, aus welchen Versuchen hervorgeht, dass, wenn man dieselben unter jedesmal gleichen Umständen ausführt, die Messungen eine hinreichende Genauigkeit für praktische Zwecke besitzen. JACOBI benutzte für seine Messungen [73] die NERVANDER'sche Tangentenboussole (s. Bd. XIX d. Encykl., §. 66), die gleichzeitig mit einem Voltameter in die Kette eingeschaltet war. Von letzterem waren die Platinelektroden ½″ breit und 3″ lang (ihr gegenseitiger Abstand wurde nicht angegeben), die Dichte der Schwefelsäure war 1,3. Bei Anwendung einer Kupferzinkbatterie mit einer Flüssigkeit wurden nun bei verschiedener Grösse der Batterie und manch' anderen Modificationen mehrere Versuchsreihen durchgeführt und jedesmal die in 1′ erhaltene Gasmenge bestimmt. Wenn nun beide Instrumente gleichen Gang haben, so müssen offenbar, wie schon früher (S. 537) erwähnt wurde, die aus beiden berechneten Stromstärken in einem constanten Verhältnisse stehen. Hat man also als Mittel einer Reihe von Versuchen den Ablenkungswinkel α_1 und gleichzeitig das entsprechende (auf 0° C. und einen normalen atmosphärischen Druck b reducirte) Gasvolumen v_1 erhalten, für eine zweite Versuchsreihe α_2 und v_2, für eine dritte α_3 und v_3, ..., während bei allen diesen Versuchen die Anordnung der Boussole sowohl, als auch jene des Voltameters dieselbe geblieben sein muss, so wird nothwendig auch

$$H \operatorname{tg} \alpha_1 : H \operatorname{tg} \alpha_2 : H \operatorname{tg} \alpha_3 = v_1 : v_2 : v_3$$

statthaben müssen, d. h. es muss

$$\frac{v_1}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{v_2}{\operatorname{tg} \alpha_2} = \frac{v_3}{\operatorname{tg} \alpha_3} = \ldots\ldots = \frac{v_n}{\operatorname{tg} \alpha_n} = A$$

sein. Hat sich nun die Unveränderlichkeit dieser Quotienten bei allen Versuchsreihen herausgestellt, so darf man als Stromstärke S, die durch die Boussole angegeben wird, annehmen:

$$S = A \operatorname{tg} \alpha,$$

und für die, welche durch das Voltameter angegeben wird:

$$S' = \left(\frac{1}{A}\right) v.$$

Da die Boussole bei ihrer Anwendung sehr bequem ist, so benutzt man die erste Formel, und diese wird, so lange das Instrument keine Aenderung erleidet, stets Angaben liefern, die auf chemisches Maass zurückgeführt werden können, und wobei, da bei $\operatorname{tg} \alpha = 1$, also bei $\alpha = 45°$, $S = A$ die Stromeinheit, nämlich die Grösse derjenigen Stromkraft ist, welche in 1 Minute A Cubikcentimeter Gas zu erzeugen im Stande ist. Als Beispiel für das Erwähnte soll eine der oben gedachten Versuchsreihen JACOBI's hier angeführt werden. Bei dieser Reihe hat sich als wahrscheinlicher Werth aus allen Versuchen für A der Werth 52, also $S = 52 \operatorname{tg} \alpha$ ergeben. Die Mittel aus den beobachteten, dann die nach diesem Ausdrucke berechneten Grössen waren nun folgende:

Anzahl der Plattenpaare	Ablenkungswinkel α	Gasmenge in 1 Min. $= v$ Cubikcentim. beobachtet.	Aus $S=52$ tg α berechnete Gasmenge.	Differenz	Werth von $\frac{v}{\text{tg}\,\alpha}$
13	47° 30′	56,85	56,75	+ 0,10	52,09
12	45 48	53,50	53,50	0,00	52,03
11	42 46	47,85	48,10	— 0,25	51,97
10	39 53	43,65	43,45	+ 0,20	52,23
9	36 33	38,10	38,55	— 0,45	51,39
8	33 8	33,80	33,95	— 0,15	51,78
7	28 41	28,50	28,45	+ 0,05	52,09
6	23 56	23,55	23,10	+ 0,45	53,06
5	19 1	18,11	17,95	+ 0,16	52,56
4	13 27	12,50	12,45	+ 0,05	52,27
3	7 27	7,05	6,80	+ 0,25	52,91

Die Uebereinstimmung der vorstehenden Resultate ist im vorliegenden Falle so überraschend, dass man die vorliegende Methode ohne allen Zweifel für eine sehr vortheilhafte bezeichnen muss; denn wenn in Fällen, wo die Stromquelle selbst sehr schnellen Aenderungen unterworfen ist, dieselbe auf brauchbare Resultate führt, so kann man dieselbe in anderen Fällen um so leichter in Anwendung bringen. — Aehnliche Versuche haben Casselmann, Müller, Mohr und Andere vorgenommen, um die Angaben von Rheometern nach chemischem Maasse ausdrücken zu können [74].

Ein ganz ähnliches Verfahren kann man auch auf jedes Galvanometer anwenden, von welchem die Bedeutung seiner Angaben nicht unmittelbar durch eine trigonometrische Function der Ablenkungen ausgedrückt werden kann. Wendet man nämlich hiebei eine der oben (S. 586 f.) beschriebenen Methoden an, um das Galvanometer zu graduiren, so wird man auch zugleich unter Einschaltung eines Voltameters die Stromeinheit in chemisches Maass verwandeln können.

§. 92. Ueber die Bestimmung des Leitungswiderstandes metallischer und wasserförmiger Körper.

In den vorhergehenden Betrachtungen haben wir uns mit den Methoden beschäftiget, wie sie für praktische Zwecke angewendet wurden, um die Elemente der Volta'schen Kette zu bestimmen. Da aber jede Kette durch metallische Leiter geschlossen werden muss, wenn Stromeswirkungen zu Stande kommen sollen, so war es auch nothwendig, nebst jenen Methoden diejenigen Verfahrungsweisen anzugeben, die unmittelbar auf die Grösse des eingeschalteten festen Schliessungsleiters führen, insbesondere, da sogar bei Ermittelung der Constanten der Kette die Kenntniss jener Widerstände vorausgesetzt wurde. Bei Ermittelung der letzteren musste aber stets der Widerstand eines Drahtes aus einem bestimmten Metalle von gegebenen Dimensionen als bekannt vorausgesetzt werden, und wir können daher mit Recht die Frage stellen, „ob es denn gleichgültig sei, von welcher Beschaffenheit diese Drahtsorte sei, deren Widerstand wir gleichsam als den normalen annehmen?“ — In dem Bisherigen war ferner von den Methoden, den Widerstand von wasserförmigen Körpern zu

bestimmen, nur im Allgemeinen die Rede, in so fern wir nämlich den wesentlichen Widerstand einer Kette zu erfahren, für nöthig erachteten, und wir haben dabei den letzteren ebenso ausgedrückt, wie den eines prismatischen metallischen Körpers, vorausgesetzt, dass die Leitungsfähigkeit flüssiger Körper in derselben Bedeutung angenommen werden darf, wie die fester Substanzen. Da aber einerseits von überzeugenden Versuchen für diese Annahme bis jetzt noch keine Rede war, andererseits aber in der Telegraphentechnik nicht bloss die Kenntniss des Widerstandes der Erregungsflüssigkeiten von Wichtigkeit ist, sondern auch in der Leitungskette als Leiter grössere oder geringere Wasserstrecken vorkommen können, so ist schon aus diesen Gründen eine kurze Betrachtung über den Leitungswiderstand von flüssigen Körpern nicht unnöthig. Ausserdem müssen wir aber auch in allen Fällen, in welchen das Voltameter als Messinstrument benutzt wird, den Widerstand des letzteren bestimmen können, wenn wir quantitative Untersuchnngen vornehmen wollen. Mit diesen Vorbemerkungen ist also der Gegenstand des vorliegenden Paragraphen hinlänglich bezeichnet.

Ueber die bei Stromesmessungen zu Grunde gelegte Widerstandseinheit.

Die so eben aufgestellte Frage bezüglich der Annahme eines normalen Widerstandsmaasses ist für die praktische Physik von der grössten Wichtigkeit. Wir haben in den bisherigen Betrachtungen gesehen, dass in der Anwendung gewöhnlich der Widerstand eines Kupferdrahtes entweder von 1‴ Dicke und 1′ Länge (gewöhnlich im alten Pariser Fussmasse ausgedrückt) oder ein Draht von 1^{m} Länge und 1^{mm} Durchmesser als Einheit der sogenannten reducirten Längen von metallischen und wasserförmigen Körpern angenommen wurde, oder es wurde das betreffende landesübliche Maass dabei zu Grunde gelegt, oder endlich wurde überhaupt eine beliebige Länge eines Drahtes von gegebener Dicke als Widerstandsmaass angenommen. Schon diese verschiedenartigen Annahmen der Länge des Widerstandsmaasses erscheinen nicht als gerechtfertiget, da die Angaben verschiedener Forscher, wenn sie verständlich sein sollen, zuerst reducirt werden müssen, wenn man dieselben neben einander bestehen lassen will, derartige Reductionen aber nicht bloss zeitraubend sind, sondern sogar die ursprünglichen Resultate nicht einmal mathematisch genau darzustellen vermögen. Wenn nun die Zugrundelegung verschiedener Maasseinheiten für den Ausdruck sonst gleichbedeutender Grössen nicht als erquicklich für Diejenigen angesehen werden kann, die davon den richtigen Gebrauch machen wollen, so erscheint es nicht als gleichgültig, auch die Wahl der Metallsorte, die als eine normale angesehen wurde, näher zu prüfen. Es wurde zwar ausser dem Kupfer von manchen Forschern das Silber *, dann das Platin, zuweilen das Neusilber für diesen Zweck benutzt, seltener das Eisen oder irgend ein anderes Metall, nur Joule hat unseres Wissens das Quecksilber hiefür angewendet; jedoch war das Kupfer am meisten dabei in Gebrauch. Es scheint

* Ueber die Anwendung des Silbers als Einheit für die Messung des Widerstandes wurde eine gründliche Untersuchung von Langsdorf (Ann. der Chemie und Pharmacie, LXXXIV. 155 *) vorgenommen. Dieses Metall würde allerdings unter den festen sich vorzüglich für diese Zwecke eignen; aber seiner Einführung in die Praxis dürften sich wohl, ansser den unten erwähnten Umständen, insbesondere aus ökonomischen Gründen, manche Hindernisse entgegenstellen.

diess daher zu rühren, weil man überhaupt, wenigstens bei lokalen Ketten, dann für Drahtspiralen, seiner grossen Leitungsfähigkeit halber den anderen Metallen gegenüber den Kupferdraht vorzieht, um sogleich durch die Länge eines angewendeten Kupferdrahtes bei bekannter Dicke den Widerstand leicht in Längenmaass ausdrücken zu können. Wenn aber dieser Grund der einzige ist, der dem Kupfer gegen andere Metalle den Vorzug gibt, so dürfte es wohl angemessen sein, in der Telegraphentechnik die reducirten Längen durch die Längeneinheit eines verzinkten Eisendrahtes von gegebener Dicke auszudrücken, da der überwiegende Theil der Leitungskette bei Telegraphenstrecken aus diesem Materiale besteht. Wir sehen also, dass es nothwendig sein dürfte, auch bezüglich der Wahl der Drahtsorte als Normalmaass sich gehörig Rechenschaft zu verschaffen. Soll der Widerstand eines Drahtes von bestimmter Länge und Dicke als Normalmaass des Widerstandes tauglich sein, so muss man vor allem die Gewissheit haben, dass die betreffende Drahtsorte stets von derselben Beschaffenheit und Reinheit zu Gebote steht, dass ferner weder durch Stromes-, noch durch andere Wirkungen, denen der Draht ausgesetzt wird, derselbe seinen Molekularzustand ändert, und dass, wenn Aenderungen bezüglich seiner Leitungsfähigkeit eintreten, diese sogleich erkannt und in einfacher Weise in Rechnung gezogen werden können. Dass diesen Bedingungen der Kupferdraht nicht Genüge leistet, ist schon früher bei einer anderen Gelegenheit dargelegt worden. Es wurde dort gezeigt, dass sowohl durch Stromeswirkungen, sowie auch durch das Auftreten von starken Temperaturverschiedenheiten der molekulare Zustand des Kupferdrahtes geändert wird (s. S. 78 u. f. und S. 200), ferner wurde erwähnt, dass selbst das im Handel vorkommende Kupfer niemals chemisch rein ist (S. 200), es wurde weiter angeführt, dass geringe Antheile anderer Metalle im Kupfer das Leitungsvermögen des letzteren in bedeutendem Maasse zu ändern vermögen (S. 201), ferner wurden bei derselben Gelegenheit die Belege beigebracht (S. 201), vermöge welchen selbst ein Kupferdraht aus einer und derselben Fabrik von gleichen und verschiedenen Mustern sehr bedeutende Unterschiede im Leitungsvermögen haben kann, da hiebei die Leitungswiderstände zwischen *42,0* und *100* in verschiedenem Grade wechselten. Als Bestätigung des hier Erwähnten und Erweiterung desselben muss nun noch angeführt werden, dass die in neuester Zeit nach absolutem Maasse untersuchten Widerstandsetalons und genaue Copien derselben als nicht unbedeutend verschieden in ihren Angaben sich zeigten, und dass selbst bei einem und demselben Exemplare zu verschiedenen Zeiten derartige Verschiedenheiten noch deutlich bemerkbar waren [75]. Wenn man nun noch weiter erwägt, dass ein Draht von der sonst grössten Gleichmässigkeit dennoch nicht als ein vollkommen genauer Cylinder betrachtet werden darf, dass derselbe in verschiedenen Querschnitten nicht dieselbe Dichte besitzt etc., so darf als ausgemacht angesehen werden, dass der für den Kupferdraht vorliegenden Zweck nicht tauglich ist. Theilweise lassen sich ähnliche Einwürfe gegen die Einführung anderer Metalldrahtsorten machen, selbst wenn unter den einfachen Metallen es einzelne geben sollte, die die erst genannten Eigenschaften des Kupfers nicht besitzen, da die Behandlungsweise eines jeden Drahtes beim Ziehen desselben, beim Ausglühen etc. seinen molekularen Zustand ändern

muss. — Am geeignetsten wäre es, um die Widerstände der im Gebrauche stehenden Drahtsorten etc. auf eine unveränderliche Einheit, nämlich auf ein absolutes Maass zurückzuführen, also jeden Widerstand entweder unmittelbar mit der absoluten Einheit zu vergleichen, oder durch genau angefertigte Etalons aus einem den geringsten Aenderungen unterworfenen Metalle eine mittelbare Vergleichung der zu messenden Widerstände mit dem Grundmaass vorzunehmen.

Für ein solches Grundmaass sind von W. Weber alle theoretischen Arbeiten durchgeführt und für die Anwendung soweit eingerichtet worden, dass dasselbe auch wirklich bestimmt werden kann [76]. Der hiebei eingeschlagene Weg, so wie die zu den Messungen angewendeten Instrumente sind im §. 26 des XIX. Bandes dieses Werkes von Feilitzsch dargestellt worden. Bei dieser Gelegenheit kann es nur gestattet sein, die allgemeinen Grundrisse dieses Systems kurz anzugeben, während eine weitere Ausführung der Theorie des Galvanismus angehört. Das Wesen der Methode besteht beiläufig in Folgendem. Da nach dem Ohm'schen Gesetze die Stromesgrösse einer geschlossenen Kette gleich dem Quotienten aus ihrer elektrischen Kraft dividirt durch den Widerstand derselben ist, so hat man für die elektrischen Kräfte und die Widerstände ein absolutes Maass, sobald man für eine derselben ein solches hat. Nach den elektro-dynamischen Grundlagen kann man nun für die elektrische Kraft und die Stromesgrösse ein Maass angeben, hieraus bestimmen sich also auch die Widerstände von selbst. Weber gibt drei verschiedene Maasssysteme an, welche bei den Messungen in Anwendung kommen könnten, nämlich das elektro-magnetische, das elektro-dynamische und das allgemein elektrische oder allgemein mechanische. Alle drei Maasssysteme beruhen auf den Gesetzen der Induction elektrischer Ströme, bei einem jeden wird nämlich für die elektromotorische Kraft eine Einheit festgesetzt, die gleich der elektromotorischen Kraft eines unter gewissen Umständen inducirten Stromes ist. Aus diesen Erläuterungen leuchtet zwar die Möglichkeit eines absoluten Widerstandsmaasses ein, aber es ist dennoch nothwendig, eine Definition dieses Maasses zu geben, wenn eine wirkliche Messung nach demselben ausgeführt werden soll. Da aber eine solche Definition die absoluten Maasse für die elektromotorischen Kräfte und Stromstärken als bekannt voraussetzt, so handelte es sich bei Begründung eines absoluten Widerstandsmaasses darum, ein vollständiges System absoluter Maasse für die ganze Elektrodynamik (und Elektrostatik) zuerst festzustellen. Für das elektro-magnetische Maasssystem wurden folgende Definitionen festgestellt. Die Einheit des magnetischen Momentes eines Magnetstabes ist nach Gauss (Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata; Göttingae 1833) das magnetische Moment, das der Stab haben muss, damit er aus grosser Entfernung R auf einen anderen ihm gleichen Magnetstab — dessen magnetische Axe derjenigen Geraden parallel ist, welche die Mittelpunkte der beiden Magnete verbindet, während seine eigene magnetische Axe dagegen senkrecht ist — ein Drehungsmoment ausübt, welches sich zur Einheit des Drehungsmomentes wie $1 : R^3$ verhält. Die Einheit für eine magnetische Kraft, z. B. für die erdmagnetische an einem bestimmten Orte, ist diejenige Kraft, die auf einen Magnetstab, dessen magnetisches Moment gleich 1 ist, und dessen magnetische Axe mit ihrer eigenen Richtung einen rechten Winkel bildet, ein Drehungsmoment ausübt, das der Einheit gleich ist. Die Einheit für die Stromintensität ist die Intensität desjenigen Stromes, der, wenn er eine Ebene von der Grösse der Flächeneinheit umläuft, die nämlichen Wirkungen in die Ferne ausübt, wie ein Magnetstab, dessen magnetisches Moment gleich 1 ist. Die Einheit für die elektromotorische Kraft ist die elektromotorische Kraft des Stromes, welcher in einem geschlossenen Leiter von der Einheit der

magnetischen Kraft inducirt wird, wenn jener so gedreht wird, dass die von seiner Projection auf eine gegen die Richtung der Kraft senkrechte Ebene begrenzte Fläche während der Zeiteinheit um die Flächeneinheit zu- oder abnimmt. Die Einheit für den Widerstand ist sodann — wie in den beiden andereren Systemen — der Widerstand einer geschlossenen Kette, in der die Einheit der elektromotorischen Kraft die Einheit der Stromintensität erzeugt. — Für das zweite elektro-dynamische Maasssystem sind die Definitionen, wie folgt. Die Einheit für die Stromintensität ist diejenige Intensität, welche ein Strom besitzt, der — indem er eine der Flächeneinheit gleiche Ebene umläuft und auf einen gleichen Strom, der eine eben solche Ebene umläuft, aus einer grossen Entfernung R wirkt, und bei rechtwinkliger Lage beider Ebenen, bei welcher die verlängerte erste Ebene die zweite halbirt — auf den letzteren Strom ein Drehungsmoment ausübt, welches sich zur Einheit des Drehungsmomentes wie $1 : 2R^3$ verhält. Hiermit ist gleichbedeutend: „Die Einheit der Stromintensität ist die Intensität, welche ein Stromelement besitzt, wenn es auf ein gleiches, paralleles und auf der Verbindungslinie senkrechtes Stromelement aus einer der Einheit gleichen Entfernung eine Anziehungskraft ausübt, welche sich zur Krafteinheit verhält wie das Quadrat der Länge jener Stromelemente zur Flächeneinheit." Die Einheit der elektromotorischen Kraft ist die elektromotorische Kraft des Stromes, welcher von einem Strome, der eine der Flächeneinheit gleiche Ebene umläuft, aus grosser Entfernung R in einem geschlossenen Leiter inducirt wird, der eine der Flächeneinheit gleiche Ebene begrenzt, die senkrecht auf der Ebene des Stromes steht und von ihr halbirt wird, wenn der Leiter mit der Einheit der Drehungsgeschwindigkeit um die Durchschnittslinie beider Ebenen gedreht wird, und die Intensität des inducirenden Stromes sich zur eben definirten Einheit verhält wie $2R^3 : 1$. Hiefür kann man auch sagen: „Die Einheit der elektromotorischen Kraft ist diejenige elektromotorische Kraft, welche ein Stromelement in einem gleich langen, darauf senkrechten, der Verbindungslinie parallelen Leiterelement aus einer der Längeneinheit gleichen Entfernung inducirt, wenn seine Intensität sich zur Einheit verhält, wie die Flächeneinheit zum Quadrate der Länge jener Elemente, während das Leiterelement mit der Einheit der Geschwindigkeit der Stromrichtung entgegengesetzt parallel verschoben wird. — Das allgemein elektrische Maasssystem würde das Maass der Stromstärke auf ihre Ursache zurückführen, indem man diejenige Grösse des «Fliessens», die sogenannte Stromintensität, mit Eins bezeichnet, welche entsteht, wenn in der Zeiteinheit die Einheit der Flüssigkeit durch den Querschnitt 1 geht." „Die Einheit des elektrischen Fluidums ist in der Elektrostatik durch die Kraft bestimmt, mit welcher die freien Elektricitäten in der Entstehung auf einander wirken. Denkt man sich zwei gleiche Mengen von Elektricität derselben Art in zwei Punkten concentrirt, deren Entfernung die Längeneinheit ist, und ist dann die Kraft, mit welcher sie abstossend auf einander wirken, gleich der Krafteinheit, so ist die in jedem der beiden Punkte befindliche Elektricitätsmenge das Maass oder die Einheit der freien Elektricität." „Als Krafteinheit wird dabei diejenige Kraft angenommen, durch welche die Masseneinheit während der Zeiteinheit um die Längeneinheit beschleunigt wird." Da die Einheiten für die Länge, Zeit und Masse festgesetzt werden, so ist nach den Principien der Mechanik zugleich das Maass für die Kräfte gegeben, und indem an letzteres das Maass für die freie Elektricität gebunden ist, so ist zugleich auch ein Maass für die Stromintensität damit gegeben. Dieses Maass wird das mechanische genannt; es setzt also die Intensität desjenigen Stromes zur Einheit, welcher entsteht, wenn in der Zeiteinheit die Einheit der freien positiven Elektricität in der einen Richtung, und eine gleiche Menge negativer Elektricität in der entgegengesetzten Richtung durch

jeden Querschnitt der Kette fliesst. Da wir aber die Menge des neutralen elektrischen Fluidums, welche in der Cubikeinheit des Leiters vorhanden ist, ebensowenig als die Geschwindigkeit kennen, mit welcher sich die beiden Elektricitäten bei dem Strome verschieben, so können Messungen nach dem allgemein mechanischen Maasse nicht ausgeführt werden. Solche können nur durch Stromeswirkungen ausgeführt werden, und hiezu werden die magnetischen, elektro-dynamischen und elektrolytischen gewählt. — Zwischen den Einheiten für Intensität, elektromotorische Kraft und Widerstand, die also, wie bereits erwähnt, nicht unmittelbar gegeben sind, bestehen folgende Relationen. Sind J, E, W die Einheiten nach elektromagnetischem Maasse, J', E', W' die nach dem elektro-dynamischen und J'', E'', W'' jene nach allgemein elektrischem, so ist:

$$J = J'\sqrt{2} \qquad J' = \frac{c}{4} J''$$

$$E = \frac{E'}{\sqrt{2}} \qquad E' = \frac{4}{c} E''$$

$$W = \frac{1}{2} W' \qquad W' = \frac{16}{c^2} W''.$$

Die Untersuchungen von KOHLRAUSCH und W. WEBER haben festgestellt, dass das mechanische Maass der Stromkraft sich verhält

zum magnetischen wie

$$1 : 155370 \cdot 10^6$$

zum elektro-dynamischen wie

$$1 : 109860 \cdot 10^6 \left(= 1 : 155370 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}\right)$$

zum elektrolytischen wie

$$1 : 16573 \cdot 10^9 \left(= 1 : 155370 \cdot 10^6 \cdot 106\frac{2}{3}\right),$$

dass ferner die Constante c, welche diejenige relative Geschwindigkeit vorstellt, welche zwei elektrische Massen e und e', die in der Entfernung r auf einander einwirken, haben und behalten müssen, wenn sie gar nicht mehr auf einander einwirken sollen, aus den vorigen Relationen sich ergibt, wornach $c = 439450 \cdot 10^6$ Millimeter, also einer Geschwindigkeit von 59320 Meilen in der Secunde entspricht. Die Widerstände zweier Drähte wurden von WEBER nach elektro-magnetischem Maasse durch Versuche nach zwei verschiedenen Methoden bestimmt, und zwar wurde bei der ersten die auf eine Magnetnadel ausgeübte Wirkung des Stromes beobachtet, der in einer Drahtrolle durch den Erdmagnetismus bei ihrer Drehung um eine verticale Axe inducirt wurde, bei der zweiten die Dämpfung (Beruhigung), die die Schwingungen einer Magnetnadel, welche im Mittelpunkte einer geschlossenen Drahtrolle aufgehängt war, durch diese erlitten. Das Detail dieser Versuche ist in den citirten Abhandlungen beschrieben. Der Widerstand der Kette nach absolutem Maasse konnte berechnet werden durch

$$W = \frac{8\pi^2}{\pi^2 + \lambda^2} \cdot e^{-\frac{2\lambda}{\pi}\,\text{arc. tg}\,\frac{\pi}{\lambda}} \cdot \frac{\lambda'\tau}{k\delta^2} \cdot (\Sigma r^2)^3 \cdot T^2,$$

worin W den Gesammtwiderstand der Drahtkette bezeichnet, $\lambda = \log \text{nat} \frac{a}{b}$ und $\frac{a}{b}$ das Verhältniss zweier auf einander folgenden Schwingungsbögen ist, λ' dieselbe Grösse für die geschlossene Drahtkette allein, τ die Schwingungsdauer der Magnetnadel, k das Trägheitsmoment der letzteren, δ den durch den ersten Inductionsstoss

hervorgebrachten Ausschlag — in Theilen des Halbmessers ausgedrückt —, T die Horizontalintensität des Erdmagnetismus und r den Halbmesser der Inductorwindungen bedeutet. Bei der Vergleichung der Widerstände zweier Drähte wurden diese entweder einzeln oder neben oder hinter einander in die Kette eingeschaltet, und durch Combination der erhaltenen Beobachtungsangaben sowohl das Verhältniss, als auch die absoluten Werthe und der Widerstand der Längeneinheit bei der Einheit der Masse (die sogenannten specifischen Widerstände) berechnet. So wurden die specifischen Widerstände von vier verschiedenen Etalons aus Kupfer gefunden zu 2310000; 1916000; 1865600 und 1684000, wobei Millimeter, Milligramme und Secunden als Einheit gesetzt wurden, der erste dieser Drähte ein Etalon von Jacobi, der zweite ein Etalon von Kirchhoff, der dritte und vierte solche von Weber waren. Diesen Bemerkungen mögen nun noch einige Zahlen angefügt werden, welche Schröder van der Kolk und Bosscha nach einer etwas abgeänderten Methode für einen Etalon (die Leydener Copie, mit Nr. 3 bezeichnet) erhalten haben:

Widerstand nach Leipziger Angabe	$60717 \cdot 10^5$ Mill. Sec.
October 1858	$68736 \cdot 10^5$
Unter Vergleichung mit einer als unverändert betrachteten Copie, Juni 1859	$64748 \cdot 10^5$
4. November 1859	$61760 \cdot 10^5$
5. „ „	$62720 \cdot 10^5$.

Die vorstehenden Bemerkungen haben bloss den Zweck, den Gang der Versuche im Allgemeinen zu zeigen, mittelst welcher man auf absolute Maasse kömmt, ferner sollen dieselben ersehen lassen, wie diese Maasse ausgedrückt werden, endlich sollen sie darlegen, wie ein und derselbe Etalon zu verschiedenen Zeiten einen anderen specifischen Widerstand haben kann. Bezüglich aller Detailarbeiten verweisen wir auf die oben bezeichneten, sowie auf die betreffenden Arbeiten von Kirchhoff, Arndtsen u. A. [77].

Die hier vorgeführten Bemerkungen möchten nun zeigen, dass sowohl die specifischen Widerstandsmaasse, wie sie bisher im Gebrauche waren, als auch das absolute Widerstandsmaass, obgleich letzteres einen sonst nicht erreichbaren Genauigkeitsgrad der Messungen zu liefern im Stande ist, für den praktischen Gebrauch, jene als nicht ausreichend, dieses als nicht zugänglich erscheinen müssen. In der neuesten Zeit sind nun bezüglich dieser Angelegenheit von Siemens, dann von Schröder van der Kolk und von Matthiessen Vorschläge gemacht worden, welche die Beseitigung der berührten Uebelstände zum Zwecke haben. Nach dem Vorschlage von Siemens [78], sowie nach dem von Schröder van der Kolk [79] soll für den praktischen Gebrauch der Widerstand des Quecksilbers als Einheit angenommen werden, wie diess schon früher von Joule angerathen worden ist [80], während Matthiessen den Vorschlag macht, eine Gold-Silber-Legirung aus 2 Gewichtstheilen Gold und 1 Gewichtstheil Silber bei der Bestimmung der Widerstände zu Grunde zu legen, indem dabei die Leitungsfähigkeit eines 1^{m} langen und 1^{mm} dicken Drahtes dieser Legirung bei 0^{0} gleich 100 gesetzt werden soll. Es bedarf wohl keiner besonderen Rechtfertigung, wenn schon von vorne herein die erst genannten Vorschläge einen ungetheilten Beifall sich erlangen mussten, während der letztere, insbesondere wenn man denselben einer gründlichen Erörterung unterziehen wollte, schon deshalb keinen

Anklang finden kann, weil durch Einführung desselben die bisherigen Uebelstände durchaus nicht beseitiget werden können. Die Eigenschaften des Quecksilbers gestatten es, dasselbe in — fast vollkommen — reinem Zustande sehr leicht herstellen zu können, als flüssiger Körper kann man demselben ohnehin jede gewünschte Gestalt geben, wenn man nur den zur Aufnahme desselben angefertigten Gefässen diese Gestalt beibringt; dasselbe besitzt innerhalb sehr bedeutender Temperaturgrenzen eine den Temperaturzunahmen proportionale Ausdehnung, was bezüglich der Aenderungen des Leitungswiderstandes von nicht geringem Belang ist; es erleidet als Leiter in eine Kette eingeschaltet keinerlei molekulare Veränderungen (wenigstens hat man bis jetzt solche noch nicht wahrnehmen können), ferner ist sein specifischer Widerstand so gross, dass die die Leitungsfähigkeit oder auch die die specifischen Widerstände ausdrückenden Zahlen übersichtlich genug werden, endlich ist es mit keinen besonderen Unbequemlichkeiten verbunden, einen Widerstandsetalon aus Quecksilber herzustellen und nach diesem Copien aus anderen Metallen theils für Rheostate, theils für Widerstandsrollen genau anzufertigen. Es muss daher als ein wichtiger Fortschritt für die Elektrotechnik bezeichnet werden, dass dieser Gegenstand, der schon seit einer Reihe von Jahren nicht unbedeutende Schwierigkeiten bei Untersuchungen dargeboten hat, nunmehr einer gründlichen Erledigung wenigstens näher gerückt worden ist, als diess bisher der Fall war. Da sowohl für die Herstellung des neuen Widerstandsmaasses, als auch für die Anfertigung von Copien nach diesem alle dabei zu beachtenden Umstände von Siemens dargelegt worden sind, so dürfte es nicht unnöthig sein, den hiebei eingeschlagenen Weg hier mitzutheilen. — Da die Glasröhren, wie sie im Handel vorkommen, nicht überall gleichen inneren Durchmesser haben, so ist es nöthig, dieselben vor dem Gebrauche mittelst eines Quecksilberfadens in Theile von gleichem Volumen einzutheilen. Wählt man durch Calibriren solche Glasröhren aus, deren Querschnitte sich gleichmässig ändern, so kann man dann, wie Siemens annimmt, den inneren Raum des Rohres nahezu als einen abgestumpften Kegel betrachten, dessen Inhalt — durch Wägen des das Rohr anfüllenden Quecksilbers — leicht und scharf bestimmt werden kann. Um den Widerstand eines solchen Quecksilberkegels zu bestimmen, sei (*Fig. 274*) $ABCD$ ein derartiger stumpfer Kegel, dessen Länge l sei und dessen parallele Begrenzungsflächen die Radien R und r haben. Nehmen wir die Entfernung x von der Ebene AB und parallel zu dieser einen Querschnitt vom Halbmesser z als Grundfläche eines kleinen Elementes von der Höhe dx an, dessen Widerstand dW sei, während der Gesammtwiderstand des Quecksilberkegels in der Richtung der Axe gleich W angenommen werde, so hat man, da nach bekannten geometrischen Gesetzen:

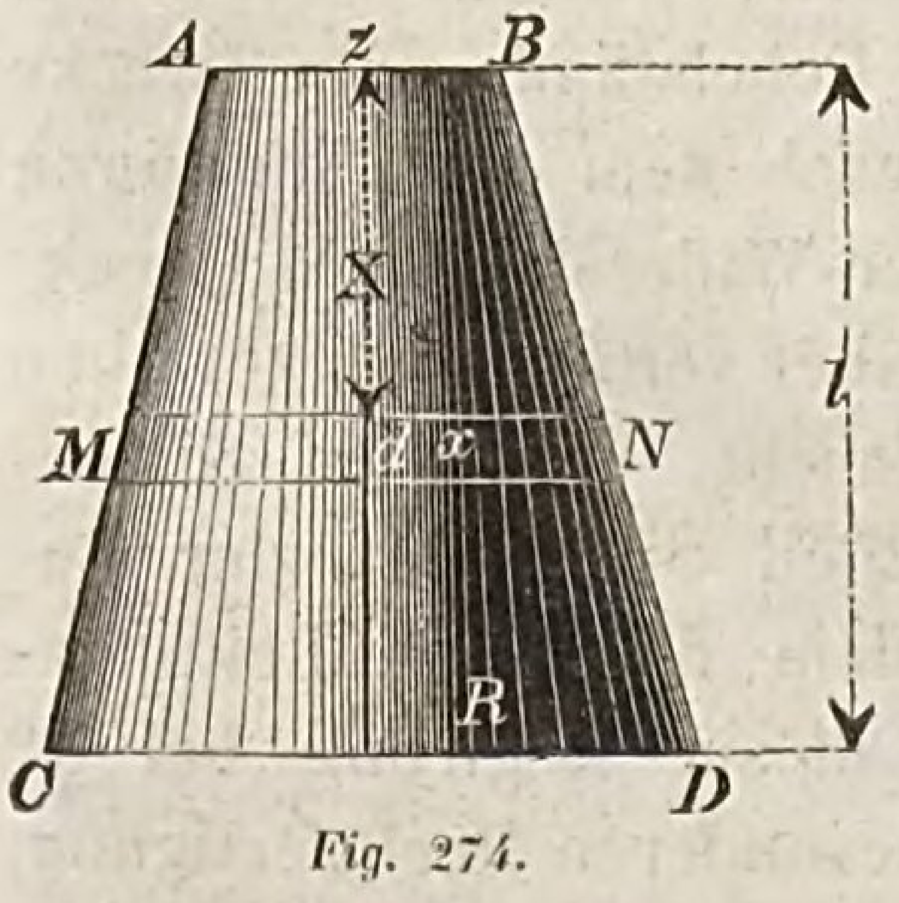


Fig. 274.

$$z = \frac{R - r}{l} x + r \quad \text{und} \quad d \cdot W = \frac{dx}{\pi z^2}$$

ist, für

$$dW = \frac{l}{(R-r)\pi} \cdot \frac{dz}{z^2}$$

also

$$W = \int_r^R \frac{l}{(R-r)\pi} \cdot \frac{dz}{z^2},$$

und sohin, wenn man den vorigen Werth von z berücksichtiget:

$$W = \frac{l}{\pi r R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1).$$

Da aber das Volumen V dieses Körpers aus $\frac{Q}{\gamma}$, dem Gewichte getheilt durch das specifische Gewicht des Quecksilbers bekannt ist, ferner

$$V = \frac{Q}{\gamma} = \frac{\pi l}{3}(R^2 + rR + r^2),$$

also auch

$$\frac{V}{Rr} = \frac{Q}{\gamma r R} = \frac{\pi l}{3}\left[\left(\frac{R}{r}\right) + \left(\frac{r}{R}\right) + 1\right]$$

und mithin

$$\frac{1}{rR} = \frac{\gamma \pi l}{3Q}\left(1 + a + \frac{1}{a}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

gegeben ist, worin $a = \left(\frac{R}{r}\right)$ bedeutet, so wird durch Substitution der Gleich. 2) in 1):

$$W = \frac{\gamma l^2}{3Q}\left(1 + a + \frac{1}{a}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \mathrm{I}).$$

Da bei $a = 1$ der Körper wieder in einen Cylinder übergeht, so ist also der Ausdruck

$$\frac{1}{3}\left(1 + a + \frac{1}{a}\right) = \left(1 + \frac{R}{r} + \frac{r}{R}\right)$$

der Correctionscoefficient, mit welchem der als cylindrisch angenommene Widerstand verbessert werden muss, wenn die Glasröhre derartige Abweichungen zeigen sollte. Es wurden nun käufliche Glasröhren von $^3/_4$ bis 2^{mm} innerem Durchmesser ausgewählt und von den tauglichsten die Enden genau abgeschliffen, so dass die Röhren genau 1 Meter lang waren. Nach sorgfältig vorgenommener Reinigung wurde die Füllung mit Quecksilber vorgenommen und der Inhalt gewogen. Es wurde nämlich das eine Ende des Glasrohres mittelst eines Kautschukrohres so in der Oeffnung einer kleinen Retortenvorlage befestiget, dass das Ende des Rohres in die Vorlage hineinragte. Um das andere Ende des Rohres ward eine eiserne Klemmvorrichtung (*Fig. 275*, S. 600) angebracht, mittelst welcher sich ein plangeschliffenes Eisenplättchen gegen die Mündung des Rohres schrauben liess. Nachdem nun die Vorlage mit Quecksilber angefüllt war, liess man dasselbe durch die etwas geneigte Glasröhre in eine

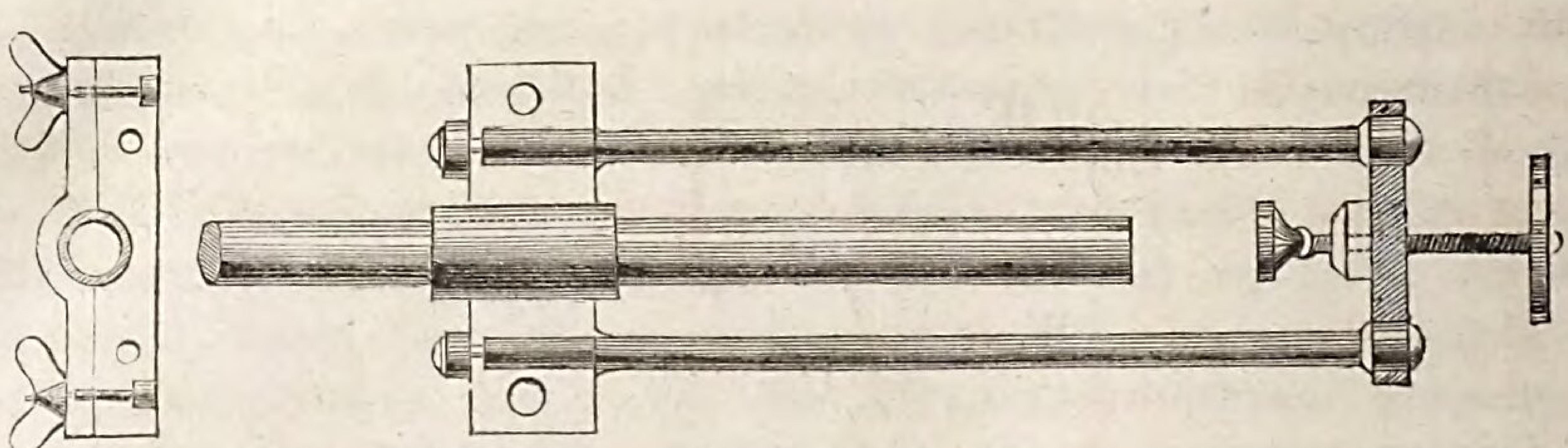


Fig. 275.

untergestellte Schale laufen, und sobald alle Luftbläschen vom durchströmenden Quecksilber entfernt waren, wurde die Ausflussöffnung durch Anziehen der das Eisenplättchen bewegenden Schraube dicht geschlossen, das Rohr vorsichtig senkrecht aufgerichtet und der Kautschukschlauch entfernt. Durch Aufdrücken eines eben geschliffenen Glasplättchens wurde dann auch die obere Oeffnung geschlossen. Das gefundene Gewicht wurde, da die Temperatur des Quecksilbers während des Füllens beobachtet wurde, auf 0° C. reducirt. Auf diese Weise wurden *6* Röhren untersucht und für diese erhielt man:

	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.	Nr. 6.
für die Correctionscoefficienten:	1,00225	1,00055	1,00282	1,000201	1,000289	1,000906
für die Gewichte in Grammen bei 0° C.:	13,2491	27,277	24,457	62,774	70,054	11,808
für die Widerstände, bezogen auf einen Quecksilberwürfel von 1 mm Seite	1025,24	497,28	555,87	216,01	193,56	1148,9

Die Vergleichung des Widerstandes eines Metalldrahtes mit diesen Widerständen wurde mittelst einer von Siemens und Halske abgeänderten Wheatstone'schen Brücke (S. 561) vorgenommen. Die abgeänderte Brücke ist in *Fig. 276* im Grundrisse, in *Fig. 277* (S. 601) in der Vorderansicht dargestellt (wobei die in diesen Abbildungen hinweggelassenen Theile den auf der linken Seite vollständig gezeichneten entsprechend sind und zu diesen symmetrisch liegen). *AA* ist ein Rahmen von Messing, auf welchem sich der (in *Fig. 278* in vergrössertem Maassstabe dargestellte) Schlitten *BB* verschiebt. Der drehbare Knopf *C* auf dem Schlitten ist mit einem Zahnrade versehen, welches in eine am Rahmen befestigte Zahnstange *D, D* eingreift. Der Schlitten ist daher sowohl direct, als durch Drehung des Knopfes verschiebbar. Am Rahmen sind ferner die isolirten Stücke *E, E* und der mit Millimetertheilung versehene Maassstab *MM* befestiget. Zwischen den iso-

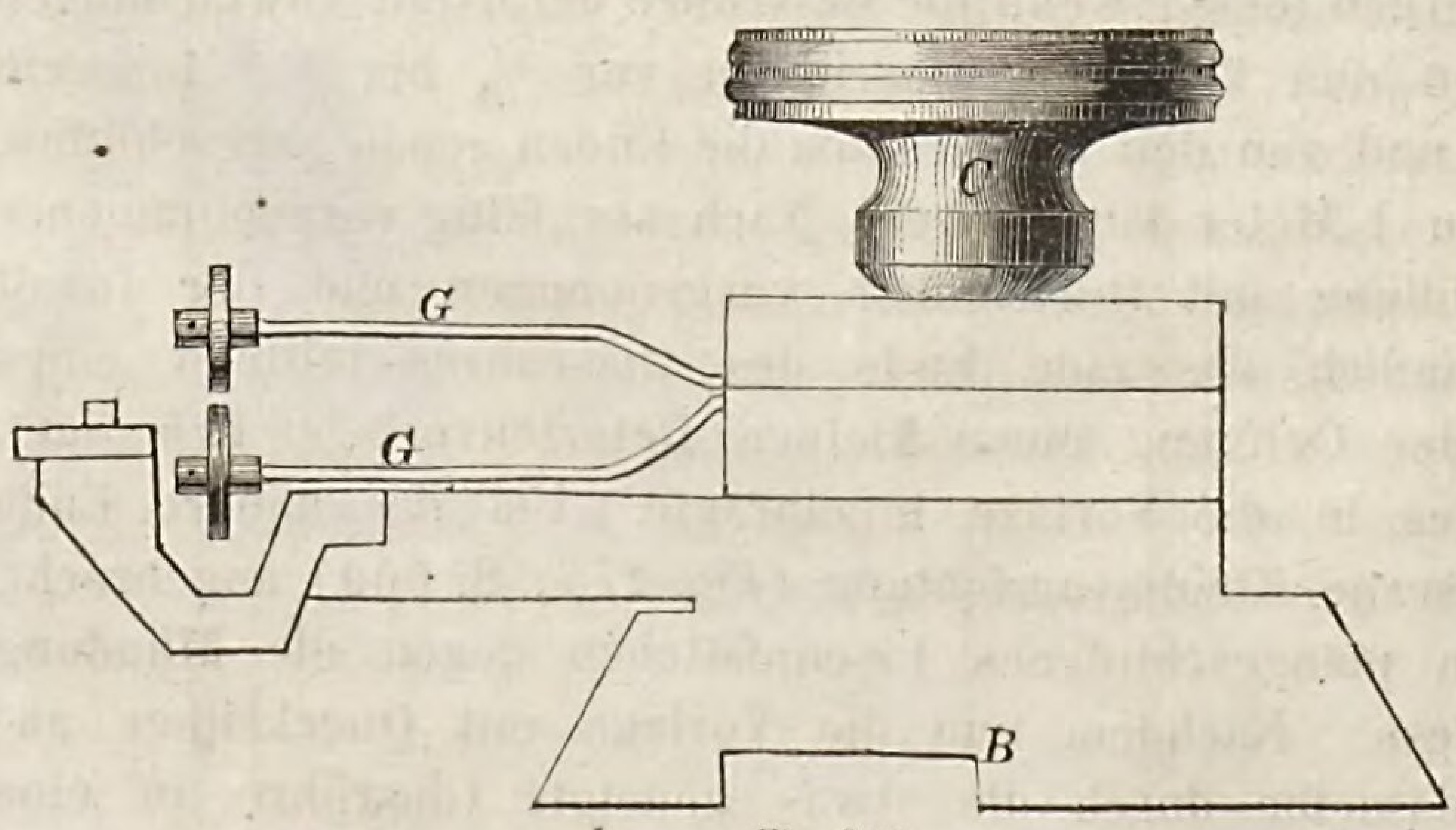


Fig. 278.

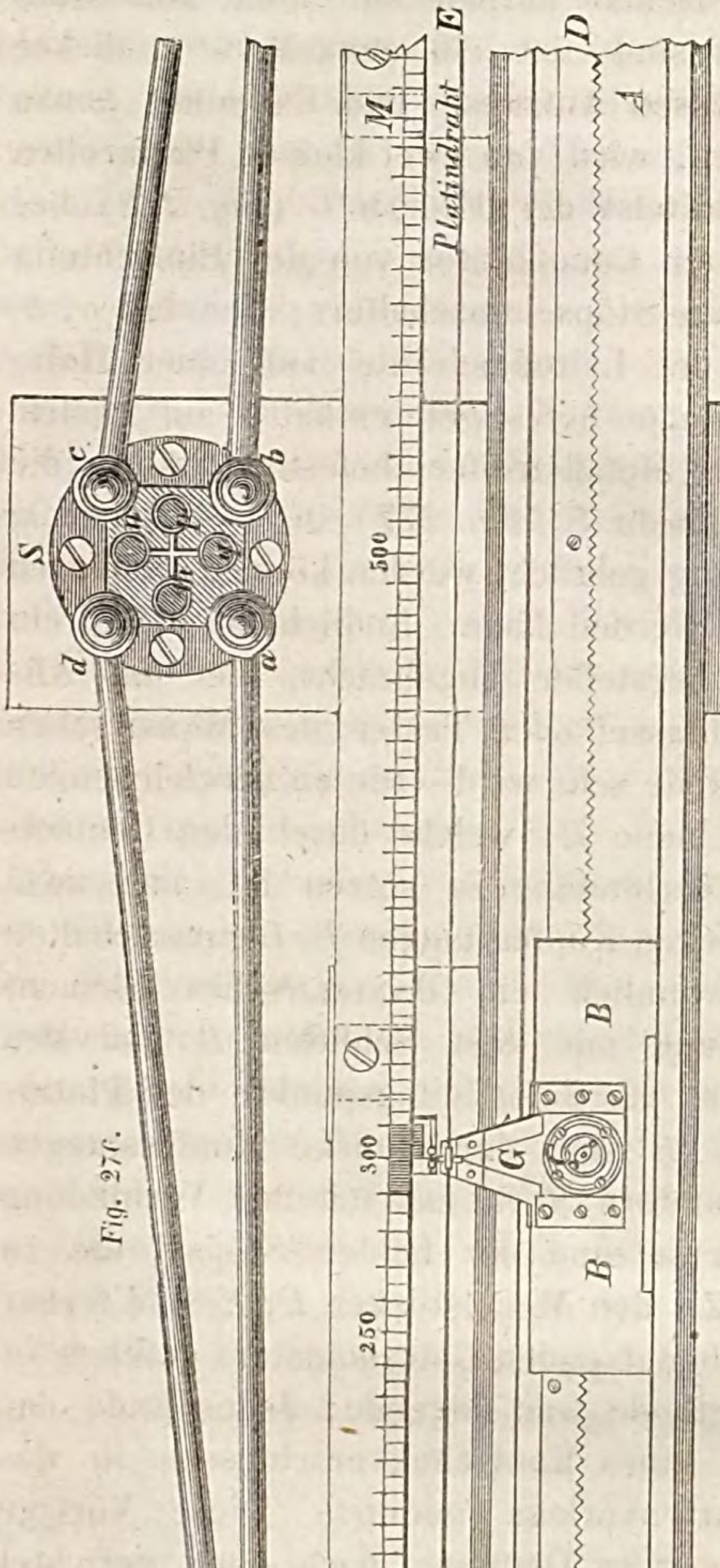


Fig. 276.

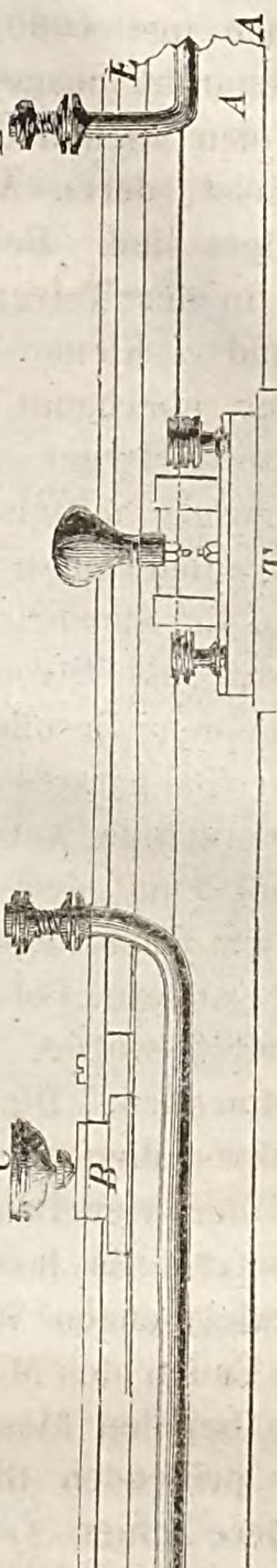


Fig. 277.

lirten Metallstücken *EE*, deren innere Flächen normal auf dem Maassstab stehen und 1000^{mm} von einander entfernt sind, ist ein etwa 0,16^{mm} dicker Platindraht ausgespannt. Dieser Draht, dessen Anfangs- und Endpunkt genau mit den Theilen *0* und 1000 übereinstimmen, wird von zwei kleinen Platinrollen umfasst, deren Axen am Schlitten *B* vermittelst der Federn *G* (*Fig. 278*) befestiget sind. Bei *S* (*Fig. 276*) ist ferner ein Commutator von der Einrichtung des in der Telegraphentechnik angewendeten Stöpselumschalters, der bei *a*, *b*, *c* und *d* Klemmschrauben zur Aufnahme der Leitungsdrähte auf einer Holz- (oder überhaupt einer isolirenden) Unterlage befestiget enthält, auf welch' letzterer ferner vier von einander isolirte Metallstreifen befestiget sind, die paarweise mittelst Einsetzen von Metallstöpseln *S* (*Fig. 277*) in die Löcher *m* und *p* oder in *n* und *q* leitend in Verbindung gebracht werden können, wodurch also die Stromrichtung bequem umgekehrt werden kann. Endlich ist bei *T* ein Taster als Stromunterbrecher und Stromhersteller angebracht, der im Allgemeinen dieselbe Anordnung wie der Schlüssel oder Taster des Morse'schen Schreibapparates hat, von dem unten die Rede sein wird. Die zu vergleichenden Widerstände werden zwischen der Metallschiene *H*, welche durch den Contacthebel *J* mit dem einen Pole der Kette in Verbindung zu setzen ist, und zwei in den Kupferlagern *K*, *K* verschiebbaren dicken Kupferstangen *L*, *L* eingeschaltet. Der andere Pol der Kette, zu der gewöhnlich ein Daniell'sches Element benutzt wurde, ist in leitender Verbindung mit dem Schlitten *B* und den Platinrollen. Die Klemmlager *K*, *K* und die als Befestigungspunkte des Platindrahtes dienenden isolirten Metallstücke *E*, *E* sind durch dicke Kupferstangen mit den vier Lamellen des Stöpsel-Commutators *S* in gut leitende Verbindung gesetzt. Es lassen sich mithin durch Versetzung der beiden Stöpsel die zu vergleichenden Widerstände vertauschen. Zu den Metallstücken *E*, *E* sind ferner die Enden des Multiplicatordrahtes des zu benutzenden Galvanometers geführt. — Die bei den Messungen eingeschlagene Methode war folgende: Jedes Ende des zu prüfenden Glasrohres wurde mittelst eines Kautschukverschlusses in das Innere einer (zweifach tubulirten) Retortenvorlage geführt. Diese Vorlage wurde so gedreht, dass die unbenutzte weitere Oeffnung nach oben gerichtet war und so mit dem sie verbindenden Rohre in eine Rinne gelegt, die mit Eisstücken angefüllt war. Darauf wurde die eine Vorlage mit gereinigtem und trockenem Quecksilber gefüllt. Das Quecksilber füllte nun das Rohr und lief durch dasselbe in die leere Vorlage. War das Niveau des Quecksilbers in den beiden Gefässen gleich, so war in der Regel auch das Rohr ganz blasenfrei mit Quecksilber gefüllt. Es wurden dann dicke amalgamirte Kupferdrähte durch die beiden aufgerichteten Hülsen der Vorlagen in das Quecksilber geführt und alsdann der Widerstand des Rohres mittelst der Brücke mit dem eines Jacobi'schen Etalon verglichen. Die Versuche wurden so angestellt, dass erst bei der einen Stellung des Commutators der Schieber *BB* so lange versetzt wurde, bis das Galvanometer beim Niederdrücken des Contacthebels *J* keine dauernde Ablenkung zeigte. Hierauf wurden die Stöpsel versetzt und so die zu vergleichenden Widerstände vertauscht und der Schieber abermals richtig eingestellt. Waren die Beobachtungen fehlerfrei, so musste die Summe der

beiden erhaltenen Werthe gleich 1000 geben, was auch nach den Angaben der der erwähnten Abhandlung beigefügten Tabelle IV grossentheils der Fall ist. Anstatt der geraden Glasröhren wurden bei den weiteren Versuchen spiralförmige benutzt, deren Widerstand mittelst jener Röhren bestimmt wurde. Die Glasspiralen wurden (*Fig. 279*) am Holzdeckel eines mit Wasser gefüllten Gefässes befestiget. Die Temperatur des Wassers ward durch ein Thermometer, welches durch eine Oeffnung im Holzdeckel eingeführt werden konnte, beobachtet. Die blasenfreie Füllung der Spiralen mit Quecksilber wurde dadurch hergestellt, dass man mittelst eines geeigneten Pfropfens die Mündung des Rohres in einem der Glasgefässe verstopfte, darauf das andere Gefäss mit Quecksilber füllte und sodann den Pfropfen vorsichtig lüftete und erst ganz entfernte, wenn das Quecksilber langsam sämmtliche Windungen durchlaufen hatte. Unter Anwendung eines solchen Apparates wurde auch die Aenderung der Leitungsfähigkeit des Quecksilbers unter Einwirkung der Wärme untersucht, indem man den Widerstand des Quecksilbers im Spiralrohre bei verschiedenen Temperaturen mit dem des Quecksilbers in der geraden Röhre Nr. 2 verglich, wobei letztere in Eiswasser sich befand. Ist nun w der Widerstand des geraden, w_1 der des Spiralrohres und bedeutet λ die Grösse des eingeschalteten sonstigen Widerstandes, sind ferner a und b die Längen der Stücke des Platindrahtes der Brücke, bei welchen kein Strom durch den Galvanometerzweig ging, so hat man



Fig. 279.

$$\frac{w + \lambda}{w_1 + \lambda} = \frac{a}{b},$$

woraus w_1 bestimmt werden konnte. Es wurde hiebei gefunden, dass bei 0° C. $w_1 = 219{,}4$ war. Wurde das Wasser, das das Spiralrohr umgab, auf die Temperatur t_1 erwärmt, während das gerade Rohr die Temperatur t zeigte, so hatte man, die Aenderung des Widerstandscoefficienten für die Temperatureinheit mit y bezeichnet:

$$\frac{w\,(1 + yt) + \lambda}{w_1\,(1 + yt_1) + \lambda} = \frac{a}{b},$$

woraus sodann y berechnet werden konnte, unter der Annahme, dass die Aenderung des Widerstandes der Temperatur proportional geschehe. Diese Annahme wurde auch durch eine später vorgenommene Versuchsreihe bestätiget, wobei $y = 0{,}000985$ gefunden wurde. — Während nun Siemens bei allen seinen Messungen den Widerstand eines Quecksilberwürfels von 1^{mm} Seite als Einheit wählte, so schlägt er vor, um das Widerstandsmaass in völlige Uebereinstimmung mit dem Metermaasse zu bringen: „den Widerstand eines Quecksilberprismas von 1 Meter Länge und 1 Quadratmillimeter Querschnitt bei 0 Grad als Widerstandseinheit zu nehmen und nach dieser Einheit alle Widerstände auszudrücken und zu graduiren.“ —

Die in dem Vorhergehenden vorgeführte Methode, um Widerstandsetalons unter Zugrundelegung des Quecksilbers anzufertigen, lässt sich im Allgemeinen ohne Schwierigkeiten durchführen; jedoch sind, wie Siemens nebenbei zeigt, mancherlei Umstände sorgfältig in Rücksicht zu ziehen, wenn die Messungen präcise Resultate geben sollen. Namentlich hat man darauf zu achten, dass die Temperatur des Quecksilbers sich durch Einwirkung des Stromes nicht ändere. Eine solche Aenderung wird allerdings vermieden, wenn man den vorher beschriebenen Apparat (*Fig. 279*) benutzt, da man mittelst desselben das Quecksilber leicht auf einer constanten Temperatur erhalten kann. Da aber bei jenen Versuchen sich gezeigt hat, dass bei andauernd geschlossener Kette selbst durch schwache Stromeswirkungen das Quecksilber dennoch merkliche Temperaturerhöhungen erfährt, so soll die Dauer der Versuche nur kurz sein und nach jeder Beobachtung die Kette wieder geöffnet werden. Dass natürlich bei Widerstandsmessungen eine grosse Reihe von Versuchen ausgeführt werden muss, wenn man auf exacte Resultate kommen will, und dass nur die Vereinigung von vielen gleichartigen Versuchsresultaten zu einem endgültigen Werth und zu entscheidenden Resultaten führt, ist ohnehin bekannt.

Fast zu derselben Zeit befasste sich, wie oben (S. 597) bereits erwähnt wurde, van der Kolk mit demselben Gegenstande. Derselbe ermittelte durch eine Reihe sehr sorgfältiger Untersuchungen die Aenderung des Widerstandes des Quecksilbers bei stattfindenden Temperaturzunahmen. Als Etalons wurden zwei Barometerröhren verwendet, welche horizontal auf einem Brette befestiget wurden und deren Enden vertical umgebogen waren. In diesen wurden zwei eiserne Stäbchen von 8^{mm} Dicke befestiget, die mit Ausnahme der Eintauchungsstelle in Quecksilber mit Mastix bestrichen waren. Eine vielfach gebogene Röhre wurde mit Quecksilber gefüllt und in ein Calorimeter gebracht, um ihren Widerstand bei verschiedenen Temperaturen mit dem der Etalons vergleichen zu können. Jene Spiralröhren wurden ebenfalls mittelst eiserner Stäbchen von 4^{mm} Dicke in die Kette eingeschaltet. Unter Berücksichtigung aller wahrgenommenen Nebeneinflüsse ermittelte sich dann aus den Versuchen die Aenderung des Widerstandes des Quecksilbers für 1^0 C. zu 0,000860. Diese Grösse ist etwas kleiner, als die von Siemens gefundenen zwei Werthe, während die von Becquerel (zu 0,001036) und Müller in Halle (zu 0,001045) gefundenen Werthe [81] grösser als letztere sind. Nimmt man das Mittel aus diesen fünf Werthen, so ergibt sich für den Widerstand des Quecksilbers, diesen bei 0^0 gleich w gesetzt:

$$W = w(1 + 0{,}0009788\,t),$$

worin t die Temperatur des Quecksilbers nach 100theiligen Graden ausgedrückt, bedeutet.

Leitungswiderstand wasserförmiger Körper.

Ueber den Leitungswiderstand wasserförmiger Körper sind viele Untersuchungen angestellt worden, jedoch können diejenigen Resultate, bei deren Ermittelung der Einfluss der Polarisation nicht eliminirt worden ist, keine Ansprüche auf Genauigkeit machen. Es sollen hier einige Methoden in Erwähnung kommen, deren Ausführung leicht vorgenommen werden kann, und die wenigstens

zeigen, bis zu welchem Grade von Genauigkeit bei Bestimmungen dieser Art man gelangen konnte.

Eine sehr einfache Methode hat WHEATSTONE in der oben erwähnten Abhandlung [60] beschrieben, die in Folgendem besteht. Eine Glasröhre *A* (*Fig. 280*) von etwa 2 Zoll Länge und einem halben Zoll (engl.) Durchmesser ist auf $^5/_4''$ ihrer Länge zum Theil fortgeschliffen, so dass ein Segment von 270° übrig bleibt. An einem Ende dieser Oeffnung ist ein Metallstöpsel befestiget, der in einer Platinplatte endiget, am anderen Ende befindet sich ein beweglicher, ebenfalls in eine Platinplatte auslaufender Stempel, welcher der festen Platte bis auf $^1/_4''$ genähert werden kann. Diese Verschiebung hat sonach einen Spielraum von einem Zoll und kann mittelst eines mikrometrischen Apparates genau gemessen werden. Bei der Bestimmung des Widerstandes wird eine Batterie aus etwa drei Elementen benutzt, und in die Kette werden der Rheostat, die Widerstandsrollen, das Galvanometer und die oben beschriebene Messröhre eingeschaltet. Bei einem Abstande von $^1/_4''$ des Stempels von der festen Platte wird die Röhre mit der zu untersuchenden Flüssigkeit angefüllt und sodann wird durch Adjustirung des Rheostaten die Nadel des Galvanometers auf einen bestimmten Punkt gebracht, der aufgezeichnet wird. Zieht man nun den Stempel um den ganzen Zwischenraum von einem Zoll zurück und füllt das Ganze wieder mit Flüssigkeit, so sinkt jetzt die Abweichung der Nadel. Verringert man nun den Widerstand der Kette mittelst des Rheostats und der Widerstandsrollen, bis die Nadel genau auf dem Punkt steht, wo sie am Anfange stand, als die Flüssigkeitssäule nur $^1/_4''$ lang war, so wird die reducirte Länge des nunmehr aus der Kette gebrachten Widerstandes das Maass des Widerstandes der Flüssigkeitssäule von 1″ Länge und der gegebenen Grundfläche sein; die während der Dauer der Versuche auftretende Polarisation hat nämlich keinen Einfluss auf das Resultat, wenn man annehmen kann, dass dieselbe in beiden Fällen von gleicher Grösse war. Es wird diess auch nahezu der Fall sein, wenn die Flüssigkeit unmittelbar nach dem Einschalten in die Kette auf ihren Widerstand untersucht wird, wenn ferner die Stromstärke nicht gross war und wenn die Versuche öfters wiederholt werden und nach Beendigung eines jeden Versuches die Kette rasch geöffnet wird. Das Mittel aus einer grösseren Reihe von Versuchen kann sodann auf ein brauchbares Resultat führen.

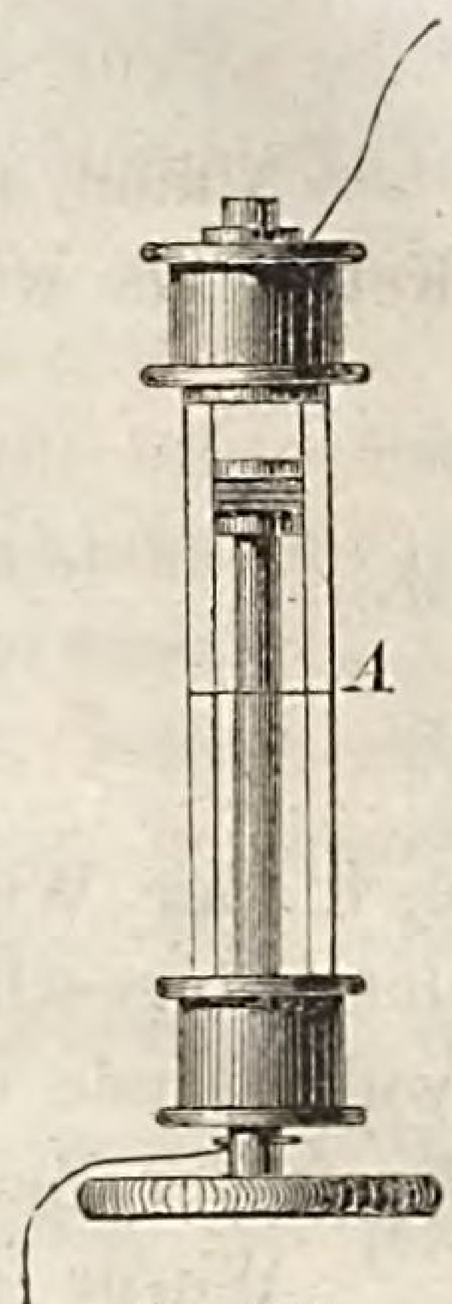


Fig. 280.

Kann man die Polarisation einer Zersetzungszelle bestimmen, was entweder nach dem früher (S. 541) angegebenen oder unter Anwendung des unten angegebenen Verfahrens geschehen kann, so lässt sich der Widerstand einer Flüssigkeit auch auf nachstehendem Wege bestimmen. Man benutze eine Kette, deren elektromotorische Kraft und Widerstand bekannt ist, so dass also, wenn E jene Kraft und R der Gesammtwiderstand derselben ist, die Stromstärke S durch

$$S = \frac{E}{R}$$

gegeben ist. Nun schalte man in diese Kette eine kleine Zersetzungszelle mit parallelen Platinelektroden ein, zu deren Füllung man die zu untersuchende Flüssigkeit anwendet; die elektrische Gegenkraft sei e, der Widerstand der Flüssigkeit ausgedrückt in Einheiten des normalen sei gleich x, so hat man jetzt für die Stromstärke S':

$$S' = \frac{E - e}{R + x}.$$

Nimmt man jetzt mittelst des Rheostaten so viel Widerstand λ aus der Kette, bis wieder $S' = S$ wird, so hat man

$$\frac{E - e}{R + x - \lambda} = \frac{E}{R}$$

also

$$x = \lambda - \frac{e}{E} R,$$

d. h. der Widerstand der Flüssigkeit wird gemessen durch eine Differenz aus dem eingeschalteten Widerstande weniger dem Quotienten aus dem Gesammtwiderstande der Kette, dieser multiplicirt mit der Verhältnisszahl der elektrischen Kraft der Zersetzungszelle zu der der gegebenen Kette.

Würde man bei Anwendung dieses Verfahrens ein Rheometer, etwa eine Tangenten- oder eine Sinusboussole benutzen, die nach chemischem Maasse graduirt ist, so könnte man aus dem letzten Ausdrucke

$$x = \lambda - \frac{e}{R} R = \lambda - \frac{e}{S}$$

die Berechnung vornehmen, ohne dass hiezu die Constanten der gegebenen Kette zu wissen nöthig wären.

Wendet man die zweite der von Wheatstone angegebenen Methoden zweimal auf verschiedene Nadelablenkungen an, so reicht es aus, wenn man den Widerstand der Batterie gleichzeitig mit dem Widerstande der Flüssigkeit untersucht, um unmittelbar, ohne die elektrische Kraft der Batterie zu kennen, den Widerstand der Flüssigkeit bestimmen zu können. Bringt man nämlich zuerst unter alleiniger Benutzung der Batterie durch Einschaltung bestimmter Widerstände mittelst des Rheostaten die Ablenkung der Nadel auf α, fügt sodann so viel Widerstand hinzu, damit die Ablenkung der Nadel auf α' zurückgeht; schaltet hierauf die Zersetzungszelle ein und bringt nun wieder die Stromstärken mittelst Ausschalten bestimmter Widerstände bei zwei unmittelbar auf einander folgenden Versuchen auf die Grössen, dass die Nadelablenkung zuerst in α', sodann aber in α übergeht, so kann man mit Hülfe der vier Bestimmungsgleichungen unabhängig von E den Widerstand der Flüssigkeit bestimmen, wenn die Polarisation der Zersetzungszelle für beide Versuche bekannt ist.

Unter Anwendung der ersten der beiden oben angegebenen Wheatstone'schen Methoden hat Horsford den Leitungswiderstand von Flüssigkeiten untersucht [82]. Anstatt einer Glasröhre benutzte Horsford einen hölzernen parallelepipedischen Trog (*Fig. 281*), der von Innen gut gefirnisst, dessen Länge 0,3 Meter war und dessen quadratischer Querschnitt 0,075^{m} Seite hatte.

Auf dem Troge sind zwei hölzerne Querstücke angebracht, von denen das eine fest, das andere verschiebbar ist; dieselben dienen zum Festhalten von Kupferplatten, welche letzteren mit dem Querschnitte des Troges gleiche Oberfläche haben. An dem oberen Rande des Troges ist ein Maassstab angebracht, an welchem man die Distanz dieser beiden Kupferelektroden messen kann. Durch seine zahlreichen Untersuchungen stellte HORSFORD heraus, dass die Stromstärke auf den Leitungswiderstand der Flüssigkeiten keinen Einfluss hat, wenn man bei Anstellung der Versuche die Grösse der Polarisation eliminirt; ferner zeigt derselbe, dass der Leitungswiderstand einer Flüssigkeitssäule von bestimmter chemischer Beschaffenheit ganz so gemessen werden kann, wie der eines prismatischen festen Leiters, dass nämlich für eine und dieselbe Flüssigkeit der Leitungswiderstand nur von dem Querschnitte und der Länge der Säule abhängig ist, und zwar in geradem Verhältniss mit dieser und im verkehrten mit jener zu- und abnimmt. Um vergleichbare Versuche zu erhalten, wurde die chemische Zusammensetzung etc. der Flüssigkeiten genau ermittelt, ferner wurden nur schwache Stromstärken benutzt und die Temperatur der untersuchten Flüssigkeiten betrug durchschnittlich 18° bis 20° C.

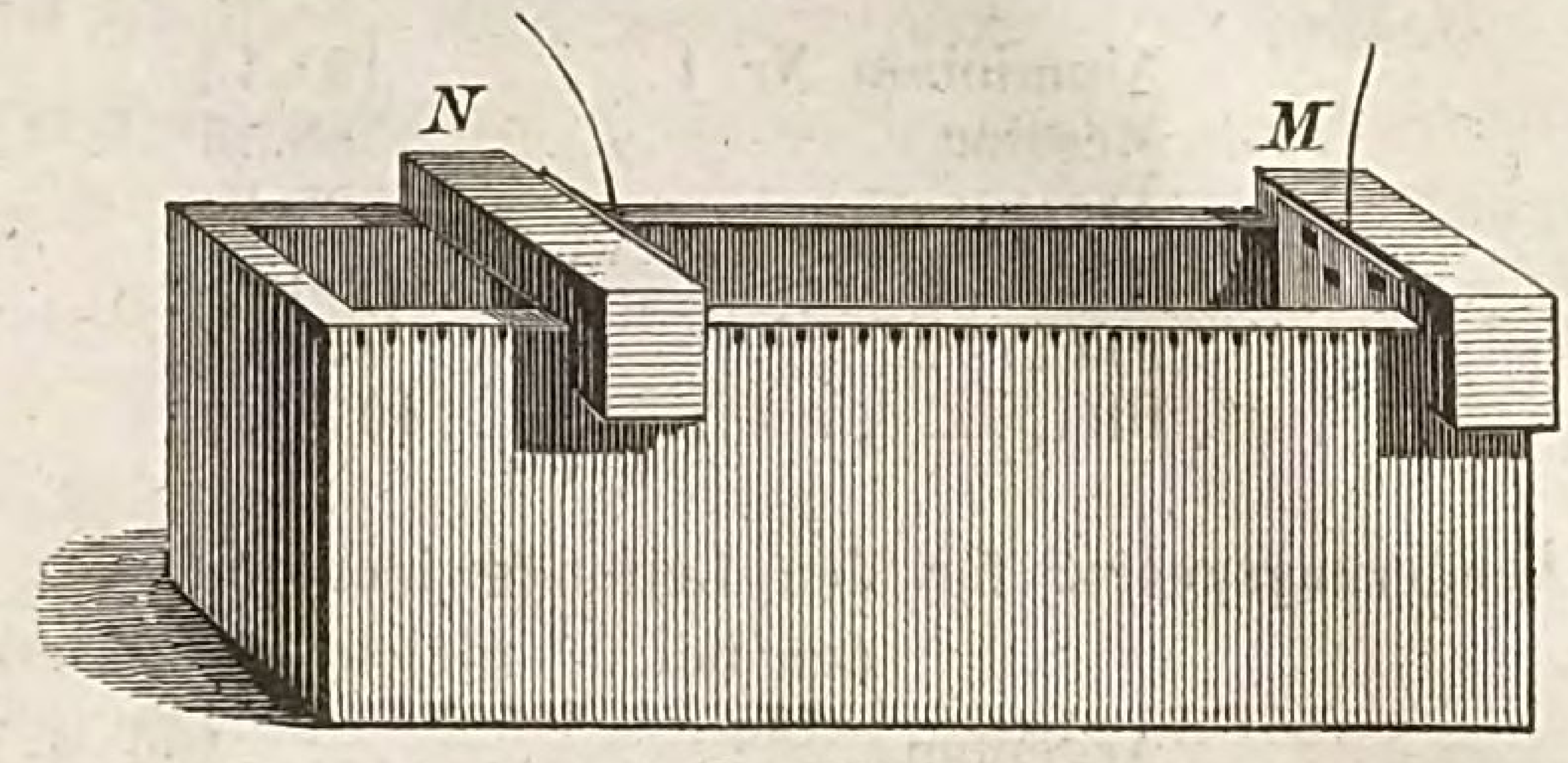


Fig. 281.

In der neuesten Zeit wurde eine ausgedehnte Untersuchung der über die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten gewonnenen Versuchsresultate von SAWELIEW [83] vorgenommen, welche über den relativen Werth dieser Resultate Aufschluss zu geben vermag. Die von ihm selbst benutzte Methode ist von der WHEATSTONE'schen nicht verschieden. Einige Erörterungen hierüber werden unten folgen. — Indem wir mit dem Vorstehenden unsere Betrachtungen über den in Rede stehenden Gegenstand schliessen, bemerken wir, dass bezüglich des Leitungsvermögens ausgedehnter Wassermassen, sowie des Erdbodens im nächsten Kapitel einige Erwähnungen enthalten sind und dass dort auch von dem Leitungswiderstande submariner Leitungen die Rede sein wird.

Zusammenstellung einiger Versuchsresultate über den specifischen Leitungswiderstand fester und wasserförmiger Körper*.

A.
Specifischer Leitungswiderstand und specifisches Leitungsvermögen von Metallen.

Leitungswiderstand nach ARNDTSEN.

	0° C.	100 C.	200° C.
Silber	98,69	132,39	166,08
Kupfer	100,00	136,89	173,78
Aluminium Nr. 2	174,98	238,65	302,32

* Ergänzungen zu den auf S. 38 und S. 201 enthaltenen Angaben.

	0° C.	100° C.	200° C.
Aluminium Nr. 1	194,13	260,29	326,45
Messing	388,35	442,27	474,95
Argentan*	527,12	544,60	556,20
Eisen	665,52	974,64	1351,84
Platin	678,11	900,01	1121,01
Blei	1076,80	1482,50	1888,20

Aenderungsgesetz für den Leitungswiderstand der Metalle bei verschiedenen Temperaturen, den bei 0° gleich 100 gesetzt, nach ARNDTSEN.

Argentan	$100 + 0{,}038736\,t - 0{,}000055775\,t^2$
Messing	$100 + 0{,}16619\,t - 0{,}0002034\,t^2$
Platin	$100 + 0{,}32724\,t$
Aluminium Nr. 1	$100 + 0{,}34079\,t$
Silber	$100 + 0{,}34142\,t$
Aluminium Nr. 2	$100 + 0{,}36386\,t$
Kupfer (Etalondr.)	$100 + 0{,}36889\,t$
Blei	$100 + 0{,}376768\,t$
Kupfer	$100 + 0{,}394025\,t$
Eisen	$100 + 0{,}41304\,t + 0{,}00052713\,t^2$

Widerstand eines Drahtstückes von 1^{mm} Länge und 1^{mm} Durchmesser nach absolutem Maasse (nach ARNDTSEN):

Silber	241190
Kupfer	244370
Aluminium Nr. 2	427616
Aluminium Nr. 1	476218
Messing	949086
Argentan	1289815
Eisen	1626643
Blei	2631490

Leitungsfähigkeit der Metalle bei der Temperatur t, verglichen mit der des Quecksilbers bei 0° C. (Nach SIEMENS und ARNDTSEN.)

Quecksilber $\dfrac{1}{1 + 0{,}000985\,t}$ (S.)

Blei $\dfrac{5{,}1554}{1 + 0{,}00376\,t}$ (A.)

Platin $\dfrac{8{,}257}{1 + 0{,}00376\,t}$ (A.; S.)

Eisen $\dfrac{8{,}3401}{1 + 0{,}00413\,t + 0{,}00000527\,t^2}$ (A.)

Neusilber $\dfrac{10{,}532}{1 + 0{,}000387\,t - 0{,}000000557\,t^2}$ (A.)

Neusilber, geglüht 4,137 (S.)

Messing, hart 11,439 (S.)

„ geglüht 13,502 (S.)

Messing $\dfrac{14{,}249}{1 + 0{,}00166\,t - 0{,}00000203\,t^2}$ (A.)

Aluminium $\dfrac{31{,}726}{1 + 0{,}003638\,t}$ (A.)

* Die chemische Zusammensetzung des Argentans war in 100 Theilen: 61,65 Kupfer + 15,75 Nickel + 22,16 Zink, während das gewöhnliche Argentan bis zu 20% Nickel enthalten kann.

Berichtigungen zur vorliegenden Lieferung der angewandten Elektricitätslehre.

Seite 510, Zeile 7 von unten lese man:

„Drehungspunkt O drückt", statt „Drehungspunkt O",

Seite 512, Zeile 2 von unten lese man:

„abgelenkt wird" statt „geschieht"

Seite 514, Zeile 4 von unten lese man:

„man den Durchmesser" statt „den Durchmesser"

Seite 515, Zeile 12 von unten lese man:

„*Fig. 258*" statt „*Fig. 253*"

Seite 516, Zeile 9 von unten lese man:

„wir bei denselben" statt „dieselben"

Seite 517, Zeile 10 von oben lese man:

„$S = \dfrac{n m E}{k m\left(\dfrac{l_1}{q} + \dfrac{l_2}{q}\right) + n \dfrac{l_3}{q} k}$" statt „$S = \dfrac{n m E}{k m\left(\dfrac{l_1}{q} + \dfrac{l_2}{q}\right) + n \dfrac{l_3}{q}}$"

Seite 523, Zeile 8 von unten lese man:

„1^{mm} Länge" statt „1^{m} Länge"

Seite 544, Zeile 11 von unten lese man:

„$q = \dfrac{\lambda l}{r}$" statt „$q = \dfrac{\lambda l}{q}$"

Seite 544, Zeile 6 von unten lese man:

„$\dfrac{1}{r} = \dfrac{1}{r_1} + \dfrac{1}{r_0}$" statt „$\dfrac{1}{r_0} = \dfrac{1}{r_1} + \dfrac{1}{r_0}$"

Seite 545, Zeile 16 von oben lese man:

„$s_1 + s_0 = S$" statt „$s_1 + s_2 = S$"

Seite 545, Zeile 13 von unten lese man:

„$s_0 = 0$" statt „$s_2 = 0$"

Seite 546, Zeile 12 von unten lese man.

„$\dfrac{1}{r} = \dfrac{1}{r_1} + \dfrac{1}{r_2} + \dfrac{1}{r_3} + \ldots + \dfrac{1}{r_n}$" statt „$\dfrac{1}{r} = \dfrac{1}{r_1} + \dfrac{1}{r_2} + \dfrac{1}{r_3} + \ldots + \dfrac{1}{r_4}$"

Seite 548, Zeile 3 von oben lese man:

„$s_2 (r_2 + \varrho_2)$" statt „$r_2 (r_2 + \varrho_2)$"

Seite 552, Zeile 17 von oben lese man:

„$2 \sin\left(\dfrac{\alpha - \alpha_1}{2}\right) \cos\left(\dfrac{\alpha + \alpha_1}{2}\right)$" statt „$2 \sin\left(\dfrac{\alpha - \alpha_1}{2}\right) w \left(\dfrac{\alpha + \alpha_1}{2}\right)$"

Seite 563, Zeile 15 von oben lese man:

„$\dfrac{E}{e} = \dfrac{r_1 - r_2}{\varrho_1 - \varrho_2}$" statt „$\dfrac{E}{e} = \dfrac{r_1 - r_2}{\varrho_1 - \varrho_1}$"

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Kuhn, Carl,

Handbuch der angewandten Elektricitätslehre, mit besonderer Berü
cksichtigung der theoretischen Grundlagen

Leipzig 1866

Coburg, Landesbibliothek -- E I 5/74
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11942513-3